

Model Sistem *Monitoring* Perlintasan Kereta Api Menggunakan Arduino Mega

Irfan Rusydi Triyanto^{#1}, Endang Djuana^{*2}, Ferrianto Gozali^{*3}, Kuart Rahardjo TS^{*4}, Sunarto^{*5}

#Magister Teknik Industri, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha no. 10, Bandung, Indonesia

¹irfan.rusydi@students.itb.ac.id

**Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti*

Jl. Kyai Tapa No.1, Grogol, Jakarta, Indonesia

^{2,3,4,5}{edjuana, ferrianto, kuatrts, yuhaw}@trisakti.ac.id

Abstract— *Monitoring system at railway crossing is a system that can be used to monitor train and the railway crossing that will be passed by train. In designing simulation for this monitoring system model, Arduino Mega is needed as a microcontroller. Besides that, radio-frequency identification (RFID) sensor is used to identify the train and ultrasonic sensor is used to detect the train. Data from train and railway crossing will be stored in database. This data that have been stored will be displayed in a server computer. In this display, there will be data from train and the railway crossing. A router is used to send the data to the Internet and an Ethernet module is used to bring the data from Arduino Mega. Experiments were conducted on a model railroad through a computer server. In the test results, the use of features such as train detection of ultrasonic sensors and sensor RFID as the train identification have been tested to work well. The process of sending data from Arduino Mega to be displayed on the display monitor in the server computer is depending on traffic data at the time of testing.*

Keywords— *Railway crossing, monitoring system, RFID sensor, ultrasonic sensor, microcontroller.*

Abstrak— Sistem monitoring pada perlintasan kereta api merupakan sistem yang dapat digunakan untuk melakukan deteksi pada kereta dan identifikasi perlintasan yang dilaluinya. Pada perancangan simulasi untuk model sistem monitoring ini, diperlukan Arduino Mega sebagai mikrokontroler dan sensor *radio-frequency identification* (RFID) dalam proses identifikasi kereta dan sensor ultrasonik dalam proses deteksi kereta. Data kereta api dan perlintasan disimpan pada sistem basis data. Data yang telah disimpan ditampilkan pada komputer *server*. Pada tampilan *server* tersebut, terdapat data kereta dan juga perlintasan. Untuk pengiriman data, dipergunakan *router* untuk mengirim data ke Internet dan modul Ethernet untuk meneruskan data dari Arduino Mega. Uji coba dilakukan pada model kereta api untuk ditampilkan pada komputer *server*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan menggunakan fitur pendeteksi kereta berupa sensor ultrasonik dan pengidentifikasi kereta berupa sensor RFID, proses identifikasi kereta bekerja dengan baik. Adapun, proses pengiriman data dari Arduino Mega hingga dapat ditampilkan oleh layar monitor komputer *server* tergantung dari lalu lintas data pada waktu pengujian dilakukan.

Kata Kunci— *Perlindungan kereta api, sistem monitoring, sensor RFID, sensor ultrasonik, mikrokontroler.*

I. PENDAHULUAN

Umumnya kecelakaan kereta api di Indonesia disebabkan oleh kelalaian manusia, antara lain oleh petugas penjaga perlintasan kereta api (KA). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Iridiastadi dan Budiawan pada tahun 2010, *human error* disebutkan sebagai penyebab terbesar dalam kecelakaan KA di Indonesia dengan tingkat *human error* yang terjadi mencapai 62,05% dari seluruh kecelakaan KA di Indonesia [1]. Hal ini dapat membahayakan keselamatan manusia dan juga menyebabkan perusahaan kereta api mengalami kerugian.

Pada umumnya perlintasan kereta api dilengkapi dengan palang pintu kereta dan beberapa telah dilengkapi dengan alat bunyi sebagai tanda peringatan saat kereta akan melintas, sehingga petugas dapat melakukan penutupan pintu secara manual (contoh panel kendali manual ditunjukkan pada Gambar 1). Untuk mengurangi beban mental operator dan menanggulangi kelalaian operator yang bertugas pada pintu perlintasan kereta api, perlu dikembangkan sistem otomatis.

Selain itu, lamanya waktu tunggu yang disebabkan koordinasi secara manual antar satu perlintasan dengan perlintasan lainnya sering kali menyebabkan kemacetan. Hal



Gambar 1 Panel kendali manual pada perlintasan kereta api [3]

ini menjadi salah satu penyebab tidak efektifnya penggunaan palang kereta api manual dikarenakan lamanya proses buka tutup palang kereta. Dalam penelitian oleh Widodo ditemukan bahwa waktu tunggu mencapai 162 detik pada perlintasan Jl. Abdul Syafei dan 180 detik pada perlintasan jalan Mas Mansyur setiap kali satu rangkaian kereta api melintas [2]. Lamanya waktu tunggu ini menyebabkan kemacetan parah pada waktu-waktu sibuk ketika kereta banyak melintas. Untuk itu perlu dikembangkan sistem otomatis yang melibatkan perekaman posisi perjalanan kereta api agar kendala ini dapat diantisipasi.

Dengan perkembangan teknologi mikroprosesor, sensor dan komunikasi data secara nir kabel, maka dimungkinkan untuk melakukan perekaman posisi perjalanan kereta dan membuat palang pintu kereta bekerja secara otomatis dengan tetap memberikan fasilitas penutupan secara manual agar dapat memberi kepastian palang pintu kereta bekerja dengan baik. Oleh karena itu, dalam penelitian ini telah dirancang simulasi model sistem monitoring pada perlintasan kereta api menggunakan Arduino Mega. Penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu sistem perlintasan kereta api yang lebih aman dan efisien bagi pengguna jalan raya dan kereta.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian mengenai sistem pengendalian pintu perlintasan kereta api dijabarkan pada bagian ini. Salah satunya adalah penelitian oleh Sitepu dkk. yaitu perancangan sistem palang kereta api di Indonesia dengan menggunakan mikrokontroler AT89S51 dengan RF module [4]. Sistem ini memiliki kelemahan di mana pada perancangannya tidak dilengkapi dengan penggunaan notifikasi suara. Selain itu selalah satu inovasi dilakukan oleh Krishnamurthi dkk. membuat palang kereta api otomatis menggunakan Arduino UNO [5]. Sistem ini belum dilengkapi dengan sistem *monitoring* yang terpadu sehingga pengendalian modul tidak terpadu.

III. DASAR TEORI DAN PERANCANGAN

A. Dasar Teori

Pada bagian ini dijelaskan berbagai komponen yang digunakan untuk perancangan simulasi. Komponen-komponen yang digunakan pada perangkat keras terdiri dari *platform* elektronik *Arduino Mega* sebagai pemroses untuk palang pintu agar bekerja secara otomatis, alat komunikasi ke server untuk menampilkan informasi posisi kereta dan status perlintasan, sensor ultrasonik untuk deteksi kereta, dan sensor *radio frequency identification* (RFID) untuk mencatat data kereta. Proses pengiriman data menggunakan modul *Ethernet* dan *Router*.

Mikrokontroler yang digunakan dalam perancangan simulasi ini adalah *Arduino Mega*. *Arduino Mega* digunakan karena memiliki jumlah pin yang lebih banyak. *Arduino Mega* memiliki 54 pin di mana 15 pin diantaranya digunakan sebagai PWM (*Pulse Width Modulation*), dan 16 analog input [6]. Selain itu *Arduino Mega* memiliki *flash memory* 8 KB, *Static RAM* (SRAM) 8 KB, dan juga EEPROM 4 KB.

Arduino Mega sekarang ini sering digunakan karena kepraktisannya dalam *coding* dan juga tersedianya program *Arduino Integrated Development Environment* (*Arduino IDE*) yang gratis. Selain itu pada ATmega2560 terdapat *bootloader* yang memungkinkan untuk mengunggah kode baru tanpa menggunakan *programmer hardware* eksternal. *Arduino IDE* ditulis menggunakan bahasa pemrograman Java.

Radio Frequency Identification (RFID) adalah sebuah teknologi yang menggunakan komunikasi via gelombang elektromagnetik. MFRC522 adalah RFID pasif menggunakan frekuensi 13,56 MHz [7]. Digunakannya RFID tipe ini sebagai perangkat untuk mencatat data posisi perjalanan kereta. Reader pada MFRC522 dapat kompatibel dengan produk Mifare dan NTAG. Dalam perancangan simulasi ini digunakan MFRC522 dikarenakan pemancar internal MFRC522 mampu membaca kartu Mifare tanpa diperlukan adanya tambahan *active circuit*. Modul digital pada MFRC522 dapat mendeteksi kesalahan menggunakan *parity* dan CRC.

Sensor ultrasonik yang digunakan adalah HC-SR04 yang dapat mendeteksi jarak benda dengan rentang 2 hingga 400 cm [8]. Dan juga sudut deteksi yang bisa dilakukan oleh HC-SR04 mencapai 15 derajat. Dalam penggunaannya, sensor ultrasonik tersebut hanya membutuhkan arus 2mA dan juga membutuhkan tegangan +5V.

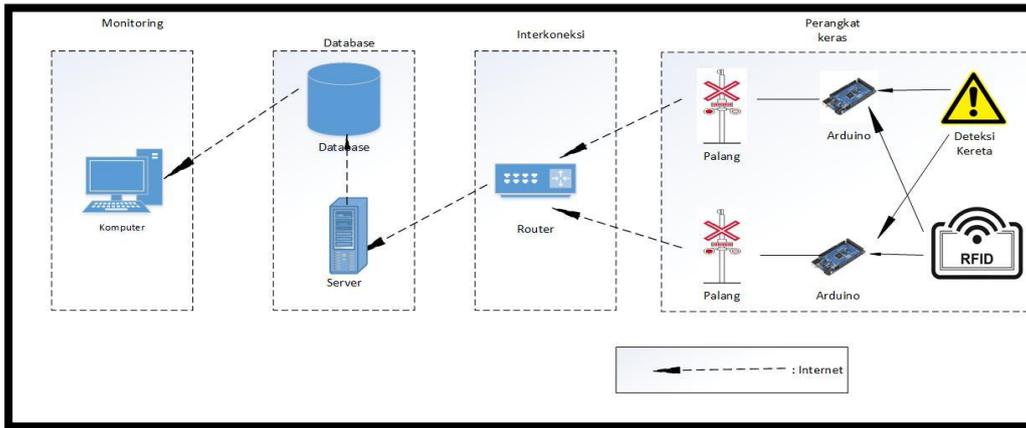
Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor DC disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar) [9].

Motor driver L298N merupakan *driver* motor yang digunakan untuk mengontrol kecepatan dan arah pergerakan motor. Kelebihan *driver* motor L298N ini adalah cukup presisi dalam mengontrol motor. Untuk mengontrol *driver* L298N ini dibutuhkan 6 buah pin mikrokontroler. Dua pin digunakan untuk *Enable* (satu buah untuk motor pertama dan satu buah yang lain untuk motor kedua), karena *driver* L298N ini dapat mengontrol dua buah motor DC.

Modul ENC28J60 merupakan modul *Ethernet* dengan standar industri *Serial Peripheral Interface* (SPI). Modul ini didesain sebagai koneksi *Ethernet* untuk semua kontroler yang dilengkapi SPI. ENC28J60 dapat bekerja dengan spesifikasi IEEE 802.3 dengan beberapa skema filter paket yang berfungsi untuk membatasi paket. Selain itu, terdapat DMA (*Direct Memory Access*) untuk menghasilkan data *throughput* yang cepat.

Router adalah sebuah alat untuk mengirimkan paket data melalui sebuah jaringan atau Internet, melalui sebuah proses yang dikenal sebagai *routing*. Proses *routing* terjadi pada lapisan 3 *Internet Protocol* dari *stack* protokol tujuh-lapis OSI. *Router* berfungsi sebagai penghubung antar dua atau lebih jaringan untuk meneruskan data dari satu jaringan ke jaringan lainnya. *Router* berbeda dengan *switch*. *Switch* merupakan penghubung beberapa alat untuk membentuk suatu *Local Area Network* (LAN). TL-MR3020 merupakan *router* yang digunakan dalam sistem monitoring pada penelitian ini [10].

Database adalah kumpulan data yang saling terhubung dan dirancang untuk memenuhi kebutuhan akan informasi. Kum-



Gambar 2 Diagram blok model sistem *monitoring* perlintasan kereta api

pulan data ini direpresentasikan ke dalam bentuk tabel [11]. Tabel merupakan kumpulan dari beberapa *record* dan *field*. *Field* adalah atribut yang dimiliki oleh suatu tabel atau kumpulan data yang sejenis. Sedangkan *record* adalah kumpulan dari beberapa *field* yang berhubungan sehingga memiliki arti yang dapat menggambarkan sebuah data individu tertentu.

MySQL merupakan sistem manajemen basis data relasional (RDBMS) yang didistribusikan secara gratis dibawah lisensi GPL (General Public License) [12]. Setiap pengguna dapat secara bebas menggunakan MySQL, namun dengan batasan perangkat lunak tersebut tidak boleh dijadikan produk turunan yang bersifat komersial. MySQL sebenarnya merupakan turunan salah satu konsep utama dalam basis data yang telah ada sebelumnya yaitu *Structured Query Language* (SQL).

B. Tahapan Perancangan

Pada bagian ini dijelaskan tahapan perancangan dari model sistem *monitoring* pada perlintasan kereta api. Dalam perancangan sistem ini terdapat 4 subsistem yaitu subsistem perangkat keras, subsistem interkoneksi, subsistem basis data dan subsistem *monitoring*. Untuk lebih jelasnya, terdapat Gambar 2 yang menggambarkan diagram blok sistem *monitoring* yang dirancang pada penelitian ini.

1) Subsistem Perangkat Keras

Subsistem perangkat keras memiliki rangkaian sensor ultrasonik pertama untuk mendeteksi kedatangan kereta lalu diproses oleh *Arduino* Mega sehingga palang pada perlintasan menjadi tertutup. Kemudian proses dilanjutkan ketika kereta melewati sensor RFID, agar data kereta diidentifikasi oleh *reader* dari RFID. Proses terakhir dilakukan ketika kereta melalui sensor ultrasonik kedua. Pada tahapan ini maka palang akan kembali terbuka. Pertimbangan dalam menggunakan kedua jenis sensor berbeda didasarkan pada perbedaan lokasi penempatan dan juga perbedaan kebutuhan pemanfaatan. Sensor ultrasonik digunakan untuk kecepatan

respon dan deteksi sederhana, sedangkan sensor RFID untuk kebutuhan proses lebih kompleks yaitu identifikasi kereta.

Gambaran subsistem perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 3, sedangkan proses keseluruhan pada subsistem ini digambarkan pada Gambar 4. Adapun penjelasan dari masing-masing komponen subsistem perangkat keras adalah sebagai berikut:

- Main *Controller* menggunakan *Arduino* Mega sebagai pemroses kerja palang kereta otomatis dan pengirim data menuju *server*.
- Sensor ultrasonik menggunakan HC-SR04 yang berfungsi sebagai pendeteksi posisi kereta.
- Sensor RFID menggunakan MFRC-522 yang berfungsi untuk melakukan identifikasi pada kereta dan perlintasan.
- Motor DC didukung dengan motor *driver* L298N yang berfungsi untuk menggerakkan palang.
- LED dan *buzzer* sebagai komponen pendukung untuk bunyi dan lampu ketika palang menutup dan membuka.
- Modul Ethernet menggunakan ENC28J60 sebagai perangkat untuk mengirim data menuju internet.
- Pada *server*, fungsi basis data untuk menyimpan data kereta dan perlintasan dan *user interface* digunakan untuk memantau keadaan kereta yang melalui lokasi secara langsung.

2) Subsistem Interkoneksi

Subsistem interkoneksi memiliki peranan untuk menjalankan proses koneksi antara *Arduino* dengan *database* yang dipergunakan dalam proses *monitoring*. Untuk melakukan koneksi, dibutuhkan *router* untuk memberikan akses jaringan Internet. Tahapan pertama adalah melakukan proses login ke *router* agar dapat melakukan setting. Pada tahapan kedua, *router* perlu dihubungkan dengan jaringan Internet dikarenakan dibutuhkan untuk dapat diakses melalui halaman *web*. Untuk itu *router* memerlukan jaringan Internet dari *hotspot*.

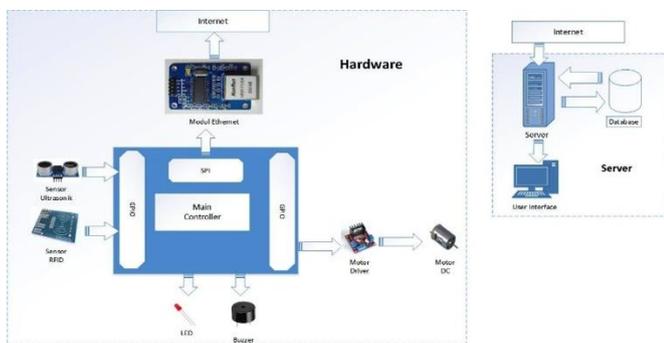
Pada tahapan selanjutnya, Arduino perlu untuk mengakses *router* yang telah terhubung ke jaringan Internet. Pada proses pengaturan koneksi ini, terdapat beberapa tahapan di antaranya:

- Menghubungkan kabel LAN RJ45 dari modul Ethernet Arduino ke *Router*.
- Menghubungkan kabel data serial dari Arduino ke *port* USB komputer.
- Oleh karena *Router* tidak dilengkapi *port* untuk kabel LAN RJ-45, maka digunakan modul Ethernet. Untuk library sendiri digunakan *Uipeethernet.h*.
- Menggunakan *default setting* dari Arduino untuk MAC dan IP Address

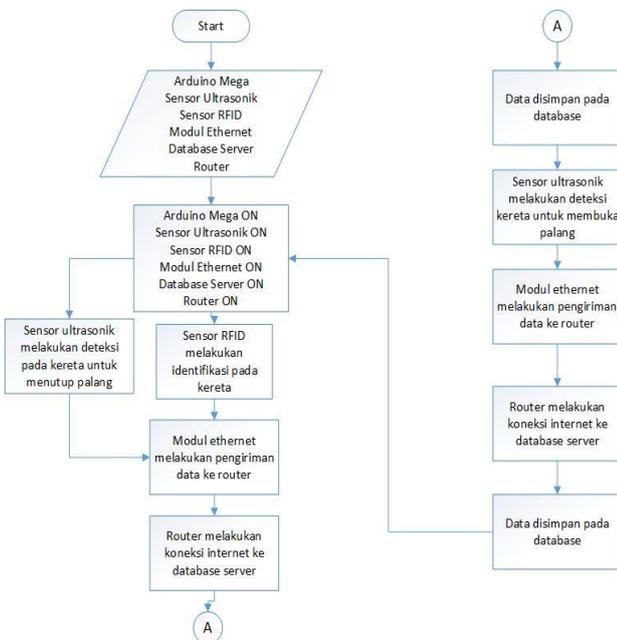
Setelah itu, dilakukan kompilasi dan *upload* program, yang dilanjutkan dengan pengujian koneksi melalui serial monitor.

3) *Subsistem Basis Data*

Pada subsistem ini, telah dirancang basis data yang berfungsi untuk menyimpan data dari kereta dan perlintasan. Pada perancangan subsistem basis data dirancang dua tabel



Gambar 3 Diagram blok subsistem perangkat keras



Gambar 4 *Flowchart* proses pada subsistem perangkat keras

yaitu tabel kereta dan tabel *log_kereta* yang memiliki relasi seperti digambarkan pada Gambar 5.

Tabel kereta memiliki 4 *field* yaitu: *id_kereta*, *jurusan_kereta*, *sensor_kereta* dan waktu. Pada tabel kereta ini disimpan data dari Arduino sebagai berikut: *id_kereta* untuk jenis kereta, *ide_sensor* untuk menandakan apakah palang sedang tertutup atau terbuka serta waktu menandakan kapan terjadinya penutupan atau pembukaan palang serta jenis kereta yang melewatinya.

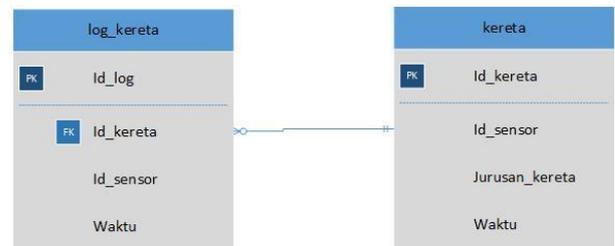
Tabel *log_kereta* juga memiliki 4 *field* yaitu, *id_kereta*, *id_log*, *id_sensor* dan waktu. Tabel ini memiliki *field* pembeda dari tabel kereta yaitu adanya *field* *Id_log* yang digunakan sebagai urutan penyimpanan data kereta dan perlintasannya.

4) *Subsistem Monitoring*

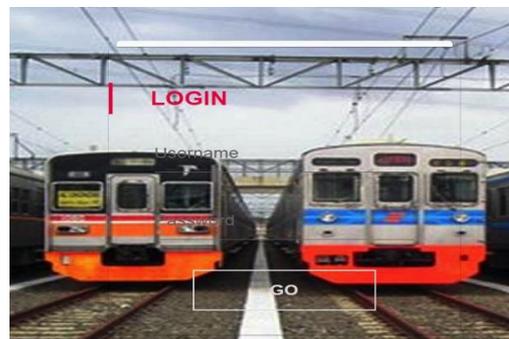
Subsistem monitoring memiliki peranan untuk menampilkan data kereta dan perlintasan. Halaman dapat diakses menggunakan Internet dengan situs *web*. Pada subsistem ini dirancang tampilan yang dapat diakses pengguna yang terdiri dari halaman *login* dan halaman beranda. Halaman *login* bertujuan agar orang lain dapat mengakses situs menggunakan *username* dan *password*. Gambar halaman login dapat dilihat pada Gambar 6. Selain itu dirancang tampilan halaman beranda seperti terlihat pada Gambar 7 dengan menu dan fungsi tampilan *dashboard* dan akses halaman *editing* data.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dijelaskan serangkaian pengujian serta analisis. Pengujian dilakukan bertujuan untuk menguji kinerja setiap subsistem secara satu persatu dan keseluruhan subsistem secara terintegrasi. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian subsistem perangkat keras, subsistem interkoneksi, subsistem basis data dan subsistem *monitoring*.



Gambar 5 Relasi antar tabel pada subsistem basis data

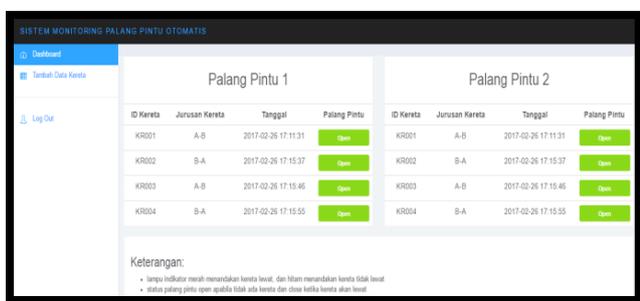


Gambar 6 Tampilan halaman login

A. *Pengujian Subsistem Perangkat Keras*

Pengujian paling awal yang dilakukan ialah mendeteksi kereta yang melewati sensor ultrasonik. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan antara jarak ukur deteksi jika diukur dengan penggaris dengan pengukuran menggunakan sensor ultrasonik tersebut. Pada sensor HC-SR04 terdapat toleransi kesalahan hingga batas ± 3 mm atau 0.3 cm. Untuk dapat melihat hasil deteksi dari sensor ultrasonik, digunakan serial monitor yang terdapat pada Arduino IDE. Pada tahapan perancangan terdapat 4 sensor ultrasonik, yang masing-masing perlu diuji. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel I dan II.

Hasil pengujian sensor ultrasonik pada Tabel I dan Tabel II menunjukkan rata-rata selisih pengukuran adalah 0,027 untuk sensor 1 dan 0,036 untuk sensor 2 pada persimpangan 1. Sedangkan pada persimpangan 2 didapatkan rata-rata selisih pengukuran adalah 0,044 untuk sensor 1 dan sensor 2. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor ultrasonik bekerja dengan baik, karena kesalahan yang didapatkan masih di dalam batas toleransi 0,3 cm.



Gambar 7 Tampilan halaman beranda

TABEL I
DATA PERBANDINGAN JARAK UKUR DETEKSI KERETA PADA SENSOR PERLINTASAN I

Data ke-	Ukur penggaris (cm)	Ukur sensor A (cm)	Ukur sensor B (cm)	Selisih sensor A (cm)	Selisih sensor B (cm)
1	2,3	2,32	2,33	0,02	0,03
2	2,3	2,32	2,33	0,02	0,03
3	2,3	2,28	2,33	0,02	0,03
4	2,3	2,32	2,33	0,02	0,03
5	2,3	2,32	2,33	0,02	0,03
6	2,3	2,32	2,33	0,02	0,03
7	2,3	2,32	2,33	0,02	0,03
8	2,3	2,32	2,21	0,02	0,09
9	2,3	2,21	2,33	0,09	0,03
10	2,3	2,32	2,33	0,02	0,03
Nilai rata-rata kesalahan Toleransi sensor (0,3 cm)				0,027	0,036

Pengujian yang dilakukan selanjutnya adalah pembacaan data menggunakan sensor RFID MFRC522. Dengan menggunakan RFID *reader*, maka data yang diambil dapat diubah menjadi angka yang menandakan bahwa kartu mempunyai data yang unik. Pengujian pada RFID dilakukan dengan berdasarkan jarak kartu dengan *reader*, dan bila pembacaan berhasil, maka *buzzer* berbunyi. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel III dan IV.

TABEL II
DATA PERBANDINGAN JARAK UKUR DETEKSI KERETA PADA SENSOR PERLINTASAN II

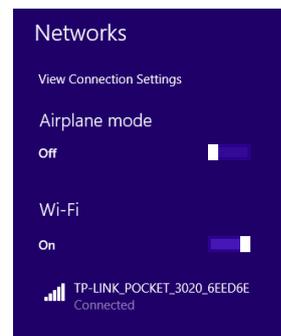
Data ke-	Ukur penggaris (cm)	Ukur sensor A (cm)	Ukur sensor B (cm)	Selisih sensor A (cm)	Selisih sensor B (cm)
1	2,5	2,54	2,54	0,04	0,04
2	2,5	2,54	2,54	0,04	0,04
3	2,5	2,54	2,54	0,04	0,04
4	2,5	2,44	2,44	0,06	0,06
5	2,5	2,54	2,54	0,04	0,04
6	2,5	2,54	2,54	0,04	0,04
7	2,5	2,54	2,54	0,04	0,04
8	2,5	2,44	2,54	0,06	0,04
9	2,5	2,54	2,44	0,04	0,06
10	2,5	2,54	2,54	0,04	0,04
Nilai rata-rata kesalahan Toleransi sensor (0,3 cm)				0,044	0,044

TABEL III
PENGUJIAN KEBERHASILAN PEMBACAAN DATA RFID PADA PERLINTASAN I

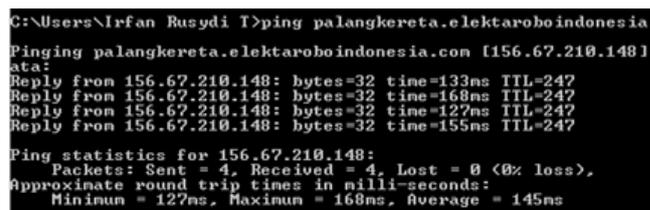
Pengujian Ke-	Jarak pembacaan Kartu RFID	Hasil dan Keterangan
1	0,5 cm	Berhasil (<i>buzzer</i> berbunyi)
2	1 cm	Berhasil (<i>buzzer</i> berbunyi)
3	1,5 cm	Berhasil (<i>buzzer</i> berbunyi)
4	2 cm	Berhasil (<i>buzzer</i> berbunyi)
5	2,5 cm	Berhasil (<i>buzzer</i> berbunyi)
6	3 cm	Berhasil (<i>buzzer</i> berbunyi)
7	3,5 cm	Berhasil (<i>buzzer</i> berbunyi)
8	4 cm	Berhasil (<i>buzzer</i> berbunyi)
9	4,5 cm	Tidak Berhasil (<i>buzzer</i> tak berbunyi)
10	5 cm	Tidak Berhasil (<i>buzzer</i> tak berbunyi)

TABEL IV
PENGUJIAN KEBERHASILAN PEMBACAAN DATA RFID PADA PERLINTASAN 2

Pengujian Ke-	Jarak pembacaan Kartu RFID	Hasil dan Keterangan
1	0,5 cm	Berhasil (<i>buzzer</i> berbunyi)
2	1 cm	Berhasil (<i>buzzer</i> berbunyi)
3	1,5 cm	Berhasil (<i>buzzer</i> berbunyi)
4	2 cm	Berhasil (<i>buzzer</i> berbunyi)
5	2,5 cm	Berhasil (<i>buzzer</i> berbunyi)
6	3 cm	Berhasil (<i>buzzer</i> berbunyi)
7	3,5 cm	Berhasil (<i>buzzer</i> berbunyi)
8	4 cm	Berhasil (<i>buzzer</i> berbunyi)
9	4,5 cm	Tidak Berhasil (<i>buzzer</i> tak berbunyi)
10	5 cm	Tidak Berhasil (<i>buzzer</i> tak berbunyi)



Gambar 8 Hasil pengujian koneksi ke jaringan WiFi



Gambar 9 Hasil pengujian koneksi ke situs *monitoring* kereta api

B. Pengujian Subsistem Interkoneksi

Pengujian yang dilakukan pada subsistem interkoneksi adalah menguji koneksi antara *server* dengan jaringan WiFi dan pengujian koneksi pada Ethernet. Pada pengujian Jaringan WiFi pada *hotspot* didapatkan hasil bahwa koneksi berhasil seperti ditunjukkan pada Gambar 8.

Pada pengujian Ethernet, dilakukan koneksi antara Ethernet dengan *server* secara fisik (*IP local*) dan pengujian koneksi *routing* di Internet (*IP global dan DNS*). Pengujian pertama yang dilakukan dengan melakukan koneksi ke IP *server* dan pengujian kedua dilakukan dengan melakukan koneksi ke situs *monitoring* kereta. Kedua pengujian dilakukan dengan tes *ping*.

Pada pengujian pertama yang dilakukan dengan pengujian *ping* ke IP 192.168.0.6 tidak didapatkan *delay*, sedangkan pada pengujian *ping* ke alamat situs sistem *monitoring* didapatkan *delay* dengan rata-rata 145 ms dan bervariasi antara 127 ms hingga 168 ms seperti ditunjukkan pada Gambar 9.

C. Pengujian Subsistem Basis Data

Pengujian subsistem basis data ini, dilakukan dengan menguji proses penyimpanan data pada *server* basis data. Data yang disimpan adalah data kereta yang lewat dan juga perlintasan yang dilewatinya. Sebagai proses pengujian pertama, dilakukan pembuatan basis data dan tabel-tabel terkait seperti terlihat pada Gambar 10.

Setelah pengujian proses pembuatan basis data tersebut dilakukan, maka pengujian dilanjutkan dengan pengujian pengisian data sehingga tampilan data akan dimunculkan terkait data kereta dan perlintasan. Data tersebut akan tersimpan pada tabel “log_kereta” seperti terlihat pada Gambar 11.



Gambar 10 Hasil pengujian pembuatan basis data dan tabel terkait

D. Pengujian Subsistem Monitoring

Pengujian subsistem *monitoring* dilakukan dengan cara mengakses situs *monitoring* kereta api. Terdapat tiga tampilan yang diuji, yaitu halaman *login*, halaman beranda dan halaman tambah data kereta. Untuk mengakses halaman *login*, diperlukan *username* dan *password*. Penggunaan *username* dan *password* dibutuhkan untuk meningkatkan keamanan agar tidak dapat diakses oleh sembarang orang. Jika pada halaman ini *user* melakukan kesalahan dalam pengisian *username* dan *password*, maka halaman akan memberi peringatan terhadap kesalahan seperti terlihat pada Gambar 12.

Setelah berhasil memasuki halaman *login*, maka ditampilkan halaman beranda yang berfungsi untuk memantau data kereta dan juga perlintasan yang dilewatinya. Keterangan yang terdapat pada halaman ini adalah ID kereta, jurusan kereta, tanggal dan juga palang pintu. Pada halaman ini terdapat menu *Dashboard* untuk menampilkan data yang sama dengan data beranda dan menu “tambah data kereta” seperti terlihat pada Gambar 13.

Jika di dalam pemantauan terdapat kereta yang akan melewati perlintasan satu maka pada bagian tampilan Palang Pintu 1 akan terjadi perubahan status “palang pintu” dari status “buka” menjadi “tutup” dan perubahan pencatatan waktu ketika perubahan status ini terjadi seperti terlihat pada Gambar 14.

id_log	kereta_id	sensor_id	waktu
1952	KR002		2017-02-17 14:25:58
1951	KR002	b	2017-02-17 14:24:08
1950	KR002	b	2017-02-17 14:23:50
1949	KR002	a	2017-02-17 14:23:47
1948	KR001	b	2017-02-16 21:09:01
1947	KR001	a	2017-02-16 21:08:57
1946	KR001	b	2017-02-16 21:06:07
1945	KR001	a	2017-02-16 21:05:56
1944	KR001	b	2017-02-16 21:03:54
1943	KR001		2017-02-16 21:03:51

Gambar 11 Hasil pengujian pencatatan data kereta pada tabel “log_kereta”



Gambar 12 Hasil pengujian akses halaman *login*

Selanjutnya pengujian dilakukan dengan penambahan data kereta berupa id kereta dan juga jurusan kereta menggunakan halaman “tambah data kereta” seperti terlihat pada Gambar 15. Agar data kereta ini dapat dideteksi oleh sensor maka selain pengisian data pada basis data diperlukan juga untuk memasukkan kode desimal pada program pada Arduino agar kereta dapat diidentifikasi oleh reader dari *RFID*.

E. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sistem terutama untuk mengetahui kinerja proses pengiriman data dari Arduino Mega hingga dapat ditampilkan oleh *user interface* sistem monitoring. Pengujian sistem keseluruhan dilakukan menggunakan model dari perlintasan kereta secara terintegrasi seperti terlihat pada Gambar 16.

Pada model sistem monitoring di atas, simulasi perjalanan kereta dapat dilakukan berlawanan arah. Jurusan dari masing-masing kereta dapat terdiri dari jurusan kereta dari A menuju B atau dari B menuju A. Pada simulasi ini, katu jurusan. Jadi pada pengujian ini, kereta satu akan memakai identitas “KR001” untuk jurusan A menuju B sedangkan “KR002” untuk jurusan B menuju A. Begitu juga dengan kereta kedua perlu menggunakan identitas “KR003” untuk jurusan A

Gambar 13 Hasil pengujian akses halaman beranda

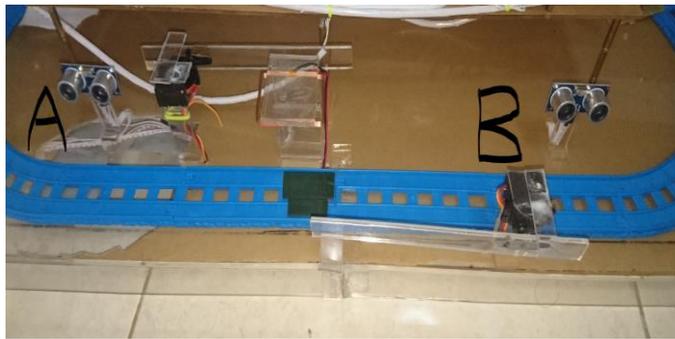
Gambar 14 Hasil pengujian perubahan status kereta pada halaman beranda

Gambar 15 Hasil pengujian penambahan data kereta

menuju B dan “KR004” untuk jurusan sebaliknya.

Pada proses pengujian ini, dilakukan pengujian yang dilakukan pada pagi, siang, sore dan malam. Untuk pengujian yang dilakukan pada pagi, siang sore dan malam digunakan jaringan Internet *provider* umum yang kecepatannya sangat bergantung pada *traffic* data pada waktu-waktu tersebut. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kinerja pengiriman data terutama untuk mengetahui *delay* keseluruhan dari pendeteksian kereta sampai muncul pada tampilan monitoring system. Hasil pengujian tersebut ditampilkan pada Tabel V.

Terlihat bahwa waktu *delay* terburuk terjadi pada waktu sore hari yaitu 3,25 detik sedangkan *delay* terbaik terjadi pada waktu malam hari yaitu 1,92 detik. Adapun waktu *delay* rata-rata adalah sebesar 2.5 detik.



Gambar 16 Model sistem monitoring perlintasan kereta

TABEL V
PENGUJIAN KINERJA PENGIRIMAN DATA UNTUK SISTEM KESELURUHAN

Selang waktu pengujian	Waktu uji (WIB)	Variasi delay (detik)	Waktu delay rata-rata (detik)
Pagi	08:06:37 - 08:28:09	1-3	2, 08
Siang	13:22:36 - 13:34:44	1-5	2, 75
Sore	16:27:36 - 16:37:27	2-5	3, 25
Malam	00:43:54 - 00:48:21	1-3	1, 92

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian terhadap subsistem maupun sistem keseluruhan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian pertama yang dilakukan adalah dengan sensor ultrasonik HC-SR04. Pada pengujian di dua perlintasan, telah dilakukan analisis terhadap toleransi kesalahan pada deteksi kereta. Pada persimpangan pertama selisih kesalahan terhadap pengukuran adalah 0,027 cm pada sensor pertama dan 0,036 cm pada sensor kedua. Kemudian pada persimpangan kedua selisih kesalahan terhadap pengukuran adalah 0,044 cm pada kedua sensor. Hasil ini menunjukkan sensor bekerja dengan baik dalam mendeteksi kereta.
2. Pengujian RFID dapat dilakukan dari jarak 0,5 cm hingga 4 cm membuktikan RFID bekerja sangat optimal.
3. *Ethernet* berhasil mengirimkan data pada Arduino menuju database server.
4. Ketika dilakukan keseluruhan pengujian pada waktu-waktu pengiriman berbeda, pengiriman data mengalami variasi dalam *delay*.

DAFTAR REFERENSI

- [1] W. Budiawan dan H. Irdiastadi, "Perancangan Computer Aided System Dalam Menganalisa Human Error di Perkeretaapian Indonesia", *JTI UNDIP*, vol VIII, no 2, hlm. 89-98, 2013.
- [2] A. P. Widodo, "Kajian Penutupan Perlintasan Sebidang Antara Jalan Kereta Api Dengan Jalan Raya Pada Lokasi Jalan KH. Mas Mansyur dan Jalan Abdul Syafi'ie Provinsi DKI Jakarta", *Article of Civil Engineering*, Universitas Gunadarma, hlm.1- 40, 2007.
- [3] F. X. R Pramono. "Beginilah Pengaturan Pintu Perlintasan Kereta." Internet: <http://news.liputan6.com/read/2385064/beginilah-pengaturan-pintu-perlintasan-kereta>, 8 Agustus 2015 [23 Juli 2016].
- [4] R. Sitepu, A.F.L. Tobing, I. Indra. "Prototipe Pintu Lintasan Rel Kereta Api Otomatis". *Widya Teknik*, vol 7, no 1, hlm. 35-44, 2008.
- [5] K. Krishnamurthi, M.B. Vidya V.E. Baby. "Sensor Based Automatic Control of Railway Gates". *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, vol 4 Issue 2, hlm. 539-543, 2015
- [6] Arduino. "Arduino Mega." Internet: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>, 25 Januari 2017.
- [7] MFRC522. "Standard performance MIFARE and NTAG frontend." Internet: https://www.nxp.com/documents/data_sheet/MFRC522.pdf, 26 Januari 2017.
- [8] A. Kadir, *Dasar sensor Ultrasonik*, dalam *From Zero to a Pro Arduino*, edisi 1, Yogyakarta, Indonesia:Penerbit Andi, 2015, bab 7.
- [9] A. Kadir, *Motor DC*, dalam *From Zero to a Pro Arduino*, edisi 1, Yogyakarta, Indonesia:Penerbit Andi, 2015, bab 6.
- [10] TP-link. "TL-MR3020." Internet: http://www.tp-link.co.id/products/details/cat-14_TL-MR3020.html, 30 Januari 2017.
- [11] Asrianda dan Fadliyah. *Pemrograman Database: Konsep dan Implementasi* (Vol. 1), Yogyakarta, Indonesia: Graha Ilmu, 2008.
- [12] A. Solichin. *Pemrograman Web dengan PHP dan MySQL*, Indonesia: Univ. Budi Luhur, 2016.

Irfan Rusydi Triyanto, mahasiswa Magister Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung. Alumni Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti. (2013-2017).

Endang Djuana, dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti. Menekuni penelitian di bidang sistem komputer di Laboratorium Sistem Komputer.

Ferrianto Gozali, dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti. Ketua Konsentrasi Sistem Komputer. Menekuni penelitian di bidang sistem komputer di Laboratorium Sistem Komputer.

Kuat Rahardjo TS., dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti. Kepala Lab Sistem Komputer. Menekuni penelitian di bidang *logic* dan digital di Laboratorium Sistem Komputer.

Sunarto. Dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti. Menekuni penelitian di bidang *logic* dan digital di Laboratorium Sistem Komputer.