

# Pengembangan Perangkat Lunak untuk Gerbang Tol Otomatis yang Ramah Lingkungan Berbasis RFID dengan Notifikasi Pembayaran Tanpa Kertas

Wahyul A. Syafei\*, A.F. Listyono, A.S. Prayogi, Darjat, Achmad Hidayatno

Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan purwarupa sistem gardu tol yang ramah lingkungan. Sistem ini menggunakan teknologi RFID untuk mengidentifikasi pengguna sebagai pengganti kartu debit. Kendaraan diidentifikasi oleh sistem ketika melewati gardu tol. Pembayaran dilakukan tanpa perlu memberhentikan kendaraan. Notifikasi pembayaran dikirim melalui SMS secara otomatis oleh sistem ke telepon genggam pengguna. Purwarupa ini dirancang untuk mengeliminasi antrian dan sampah kertas di gardu tol sehingga menghemat waktu, bahan bakar, dan biaya penyediaan kertas dan tinta. Paper ini menyajikan pengembangan perangkat lunak dari sistem gardu tol otomatis ramah lingkungan yang diusulkan.

**Kata kunci:** gardu tol; ramah lingkungan; RFID; SMS; notifikasi pembayaran

## Abstract

**[Title: Software Development of Environmental Friendly RFID - Based Automatic Toll Gate with Paperless Payment Notification]** This research aims to develop a prototype of environmentally friendly toll gate system. Instead of using smart card to identify the toll customers, the proposed system uses a Radio Frequency Identification (RFID). The vehicle is identified by the systems just before passing through the toll gate. The payment is done in fly and the notification is sent to the customers' hand phone by the system via Short Message Service (SMS), automatically. This prototype is designed to eliminate the queue and paper trashes around the toll gate. It will save time, fuel, and the need of paper and ink. This paper presents software development part of the proposed environmentally friendly automatic toll gate system.

**Keywords:** environmental friendly; toll gate; RFID; SMS; payment notification

## 1.

### Pendahuluan

Jalan tol merupakan sebuah pelayanan yang disediakan kepada masyarakat untuk memperlancar lalu lintas, meningkatkan pelayanan distribusi barang dan jasa, serta meningkatkan mobilitas dan aksesibilitas orang dan barang (Sodikin, Riyanto & Pudjianto, 2005).

Permasalahan yang saat ini menjadi momok di jalan tol adalah antrean. Antrean ini terjadi karena laju kedatangan kendaraan di gardu tol lebih besar daripada laju pelayanan gardu tol. Kemacetan ini merugikan para

pengguna jalan tol dan lingkungan sekitar gardu tol. Pengendara dirugikan karena waktu antre yang terbuang percuma, pembakaran bahan bakar yang sia-sia, dan pengotoran (polusi) udara yang disebabkan gas buang kendaraan. Efek ini langsung atau tidak langsung dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Hal ini diperburuk dengan notifikasi pembayaran menggunakan kertas tercetak. Pada kenyataannya bukti pembayaran tersebut tidak dipedulikan oleh para pengguna jalan tol, yang akhirnya menjadi sampah kertas di sekitar gardu tol.

Penyedia layanan jalan tol di Indonesia mulai memanfaatkan teknologi elektronik dengan nama Gardu Tol Otomatis (GTO) demi meningkatkan kapasitas

---

\*) Penulis Korespondensi.

E-mail: wasyafei@undip.ac.id

pelayanan di gardu tol (Persad, Walton, & Hussain, 2007; PT. Jasa Marga, 2014).

GTO dalam penerapannya masih menggunakan kartu debit untuk proses transaksi. Proses ini mengharuskan para pengendara berhenti sejenak di gardu tol untuk menempelkan kartu debit tersebut pada alat pembacanya (*reader*). Proses ini cukup memakan waktu sehingga dapat menjadi penyebab antrean kendaraan di gardu tol. GTO juga masih menggunakan bukti pembayaran yang konvensional yaitu kertas tercetak. Kebanyakan kertas tersebut dibuang oleh pengendara sehingga banyak sampah kertas berserakan di gardu tol maupun jalan tol.

Beberapa penelitian sudah dilakukan untuk meningkatkan layanan gardu tol. Diantaranya adalah dengan menerapkan teknologi *Radio Frequency Identification* (RFID) sebagai ganti kartu debit. Sistem kendali diteapkan pada modul mikrokontroler berbasis ARM-7 (Kiran, 2013) dan ARM (Chapate & Nawgaje, 2015). Penggunaan RFID memungkinkan kendaraan dapat dideteksi ketika memasuki daerah cakupan RFID *reader* sehingga tidak perlu lagi men-*tap* kartu debit. Hal ini mempersingkat waktu layanan gardu tol. Untuk mengurangi kebutuhan kertas, notifikasi pembayaran dikirimkan ke telepon genggam menggunakan teknologi 2G, yaitu *Global System for Mobile communications* (GSM) (Doshi, 2016). Sedangkan penggunaan tiket elektronik pada gardu toll otomatis untuk sistem transportasi jalan diusulkan oleh Al-Ghawi, Al Rabbi, Hussain, & Hussain (2016).

Studi perbandingan tiga jenis sistem ETC di Surabaya dilaporkan oleh Karsaman, Nugraha, Hendarto, & Zukhruf (2015). Walaupun secara prinsip semuanya menggunakan RFID, tapi mekanisme kerja yang bergantung pada spesifikasi perangkat menjadikan kinerja yang juga beragam. Penggunaan ETC dirasakan lebih ekonomis daripada sistem konvensional.

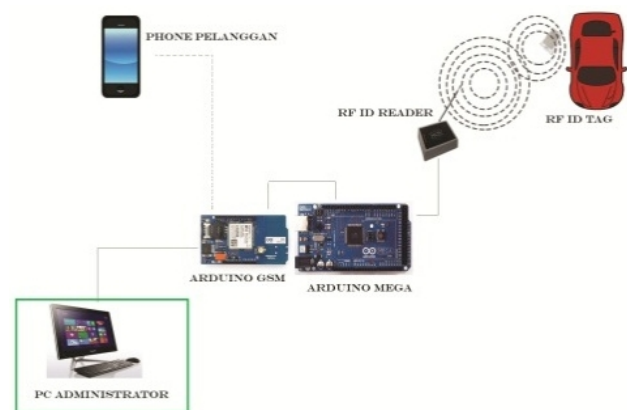
Penggunaan *On Board Unit* (OBU) dan RFID pada sistem kendaraan pelanggan pengguna jalan tol di Kroasia dipresentasikan oleh Stula dan Mladenovic (2009). Gardu tol untuk melayani sistem ETC ini ditambahkan di samping gardu tol konvensional. Terjadi peningkatan kepuasan pelanggan karena waktu layanan menjadi lebih singkat.

Paper ini memaparkan penelitian yang dilakukan untuk mengembangkan purwarupa sistem gardu tol ramah lingkungan. *Tag* RFID yang digunakan adalah *tag* aktif yang dapat memberikan jangkauan baca yang lebih jauh dibanding *tag* pasif (Kiran, 2013; Chapate & Nawgaje, 2015; Doshi, 2016). Sebagai pusat kendali, modul *microcontroller* ARDUINO Mega dipilih karena pertimbangan kehandalan dan ekonomis dibanding ARM (Kiran, 2013; Chapate & Nawgaje, 2015). Kendaraan dengan RFID dapat melewati gardu tol tanpa berhenti. Transaksi dilakukan secara *online* dan *auto*

*debit* dari akun pengguna jalan tol. Notifikasi pembayaran dikirimkan ke telepon genggam pengguna melalui layanan pesan singkat (*Short Message Service / SMS*). Purwarupa ini dirancang untuk menghilangkan antrean dan sampah kertas di gardu tol, sehingga menghemat waktu, bahan bakar, dan biaya penyediaan kertas dan tinta. Perancangan dan pengujian perangkat keras purwarupa sistem GTO ramah lingkungan ini sudah divalidasi dan bekerja sesuai rencana oleh Syafei *et al.* (2017). Penambahan fitur isi ulang saldo secara *online* diusulkan oleh Syafei *et al.* (2018). Hal ini diperlukan agar saldo tetap cukup untuk melakukan transaksi *online*. Paper ini membahas perancangan dan pengujian perangkat lunak sistem GTO ramah lingkungan. Bagian selanjutnya dari paper ini berisi perancangan dan pengujian di sisi perangkat lunak pada Bab II dan Bab III secara berurutan, akhirnya kesimpulan dituliskan di Bab IV.

## 2. Metode Penelitian

Arsitektur keseluruhan sistem GTO ramah lingkungan berbasis RFID yang diusulkan ditunjukkan Gambar 1. *Tag* yang terpasang pada mobil akan terdeteksi apabila melewati wilayah jangkauan *reader* RFID dan meneruskan data ke mikrokontroler Arduino untuk diolah pertama kali. Selanjutnya mikrokontroler akan meneruskan ke Arduino GSM untuk mengaktifkan sub sistem notifikasi pembayaran yang dikirim ke telepon genggam pelanggan. Selain itu data juga diteruskan ke *Personal Computer* (PC). Peran pengolahan data di PC diperlukan karena notifikasi pembayaran membutuhkan data saldo dan nomor telepon genggam pelanggan yang terdapat pada basis data yang tersimpan di PC.



**Gambar 1.** Arsitektur purwarupa Sistem GTO ramah lingkungan berbasis RFID yang diusulkan.

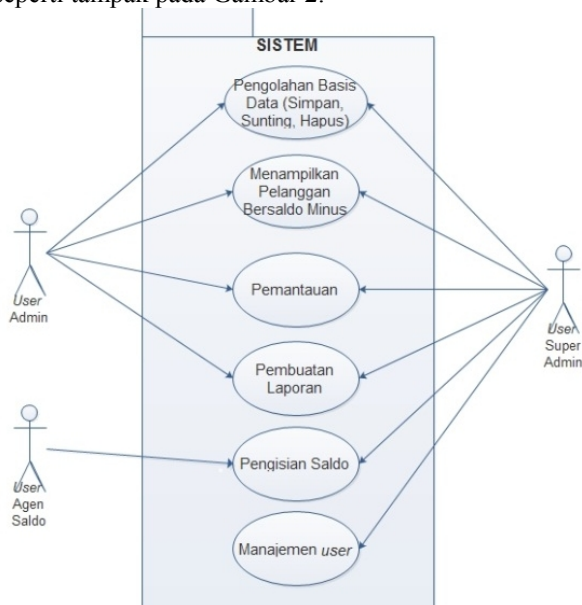
Paper ini berfokus pada bagian kotak berwarna hijau yaitu pada PC untuk menjalankan fungsi

antarmuka pemantauan, pengolahan basis data, dan koneksi antar PC dengan pengaturan *client-server*. Perangkat lunak dirancang untuk melakukan pemantauan kendaraan yang melintasi gerbang tol, klasifikasi golongan kendaraan, dan pengolahan basis data kendaraan. Sistem pemantauan bekerja dengan memberikan *record* atau rekam data seluruh kendaraan yang melintasi gerbang tol secara aktual. Klasifikasi kendaraan dilakukan dengan cara pencocokan kode *tag* yang terdeteksi RFID dengan *CodeID*, yaitu kode *tag* yang telah disimpan pada basis data. Apabila sesuai maka golongan kendaraan bisa diidentifikasi dan tarif langsung diambil dari saldo yang dimiliki pemilik kendaraan. Pengolahan basis data dirancang untuk kebutuhan pemeliharaan Sistem GTO yang diusulkan tetap bekerja dengan baik.

Struk bukti transaksi tidak dicetak di kertas tapi diganti dengan sebuah notifikasi informasi pembayaran kepada pengguna jalan tol. Notifikasi dikirim melalui *Short Messages Service* (SMS) dan dapat menjadi bukti pembayaran yang sah mengenai transaksi antara pelanggan pengguna jalan tol dan pihak penyedia jasa jalan tol, misal PT. Jasa Marga atau Trans Jateng.

**2.1 Use Case Diagram**

Diagram *use case* adalah sebuah diagram yang digunakan untuk menunjukkan tampilan grafis dari fungsi yang disediakan oleh sistem dilihat dari sisi aktor, tujuan aktor, dan hal yang berkaitan dengan *use case* yang ada (PT. Jasa Marga, 2014). Dalam penelitian ini aktor yang digambarkan pada diagram *use case* ada tiga, yaitu *user admin*, *user agen saldo* dan *user super admin*, seperti tampak pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Use Case Diagram para aktor yang terlibat pada sistem yang diusulkan.

*User admin* diaplikasikan pada kantor pusat/cabang pengelola jalan tol. *User* ini memiliki akses untuk mengolah basis data kendaraan, melakukan fungsi pemantauan kendaraan yang melewati gerbang tol, dan melihat pelanggan yang memiliki saldo minus, dan pembuatan laporan.

*User* agen saldo disiapkan untuk agen-agen atau pihak ke-3 untuk pengisian saldo tol. *User* ini memiliki akses untuk mengolah basis data, tetapi terbatas pada penambahan jumlah saldo saja. Pengguna jalan tol dapat melakukan isi ulang saldo tol pada agen-agen yang terdaftar.

*User super admin* diperuntukkan bagi orang atau institusi yang mengelola seluruh *user* di atas. *User* ini memiliki hak untuk mengaktifkan dan menonaktifkan *user*, mengubah *username* dan *password*, menghapus atau menambah *user*, dan mengakses aplikasi program *user admin* maupun *user* agen saldo.

**2.2 Perangkat Keras dan Lunak yang Digunakan**

Perangkat keras yang digunakan dalam implementasi pembuatan sistem ini (Syafei, 2017) adalah:

1. Arduino Mega 2560
2. RFID Reader PF 2510
3. Tag aktif RFID PF-300

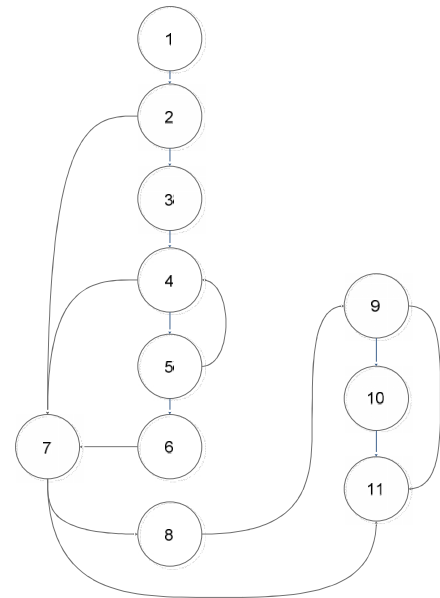
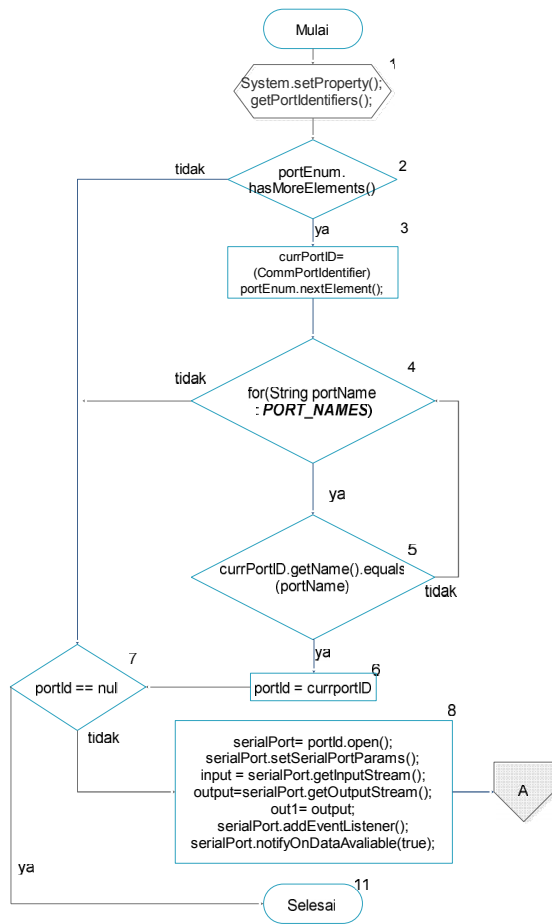
Perangkat lunak yang dilibatkan dalam implementasi pembuatan sistem ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Sistem Operasi Windows Seven Ultimate 64 bit.
2. Perangkat lunak pengembang sistem adalah Eclipse Mars.
3. Bahasa pemrograman Java.
4. *Webserver* basis data: Apache dan phpMyAdmin yang terdapat dalam XAMPP
5. Manajemen Basis Data *MySQL* yang terdapat dalam XAMPP

**2.3 Kelas Koneksi Arduino**

Kelas Koneksi Arduino menunjukkan fungsi mikrokontroler untuk menampilkan *CodeID* kendaraan yang terdeteksi, mengisinya pada tampilan *monitoring*, dan pengiriman notifikasi SMS. *Flowchart* dan *flowgraph* dari senarai program fungsi mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 3 (a) dan (b).

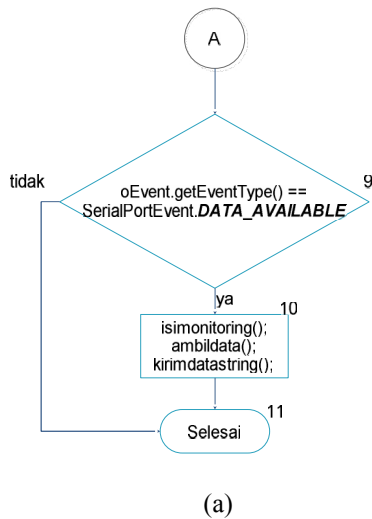
Gambar 3 (a) menunjukkan *flowchart* keseluruhan pada mikrokontroler. Sistem akan mengidentifikasi mikrokontroler yang tersambung sehingga didapatkan namanya. Setelah itu sistem akan membuka komunikasi serial *input* dan *output* dengan mikrokontroler. Dari *flowgraph* pada Gambar 3 (b) didapat nilai *cyclomatic complexity*  $V(G)=5+1=6$  yang berarti dapat diterima karena kurang dari 10. Untuk kemungkinan jalur lain pada proses fungsi pada mikrokontroler ditunjukkan pada Tabel 1.



**Gambar 3.** Fungsi Mikrokontroler Pada Kelas Koneksiarduino digambarkan menggunakan (a) *Flowchart* dan (b) *Flowgraph*.

**Tabel 1.** Jalur Proses Fungsi pada Mikrokontroler

Jalur	Tahapan	Keterangan
1	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11	Mikrokontroler tersambung dan dapat membaca data <i>input</i>
2	1-2-7-11	Tidak ada mikrokontroler tersambung
3	1-2-3-4-7-11	Mikrokontroler tersambung namun tidak didaftarkan pada <i>PORT_NAMES</i>
4	1-2-3-4-5-6-7-8-9-11	Tidak ada <i>input</i> dari mikrokontroler

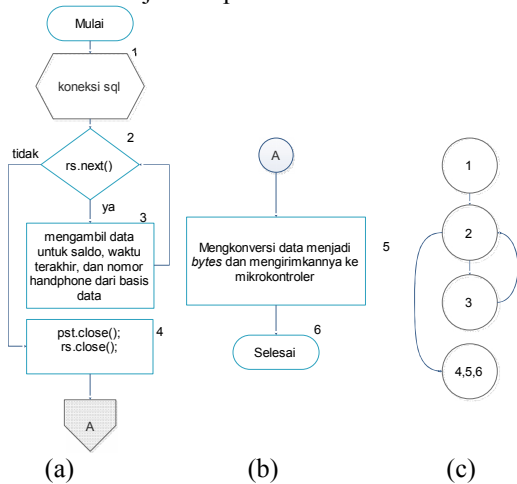


**2.4 Fungsi Mengirimkan SMS**

Fungsi mengirimkan SMS notifikasi ke telepon genggam pelanggan dilakukan dengan dua metode yaitu *ambildata()* dan *kirimdatastring()*. *Flowchart* dan *flowgraph* dari fungsi mengirimkan SMS pada halaman utama *User admin* ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4(a) menunjukkan bahwa sistem melakukan koneksi *SQL* sesuai dengan *CodeID* yang terdeteksi. Apabila mendapatkan hasil dari basis data maka data saldo, waktu terakhir, dan nomor *telepon genggam* akan dicatat. Setelah itu sistem akan menutup koneksi *SQL*. Gambar 4(b) menunjukkan bahwa data yang didapat sebelumnya dirangkai, dikonversi menjadi *bytes*, dan dikirim ke mikrokontroler. Selanjutnya mikrokontroler akan menjalankan proses pengiriman SMS. Gambar 4(c) menunjukkan nilai *cyclomatic complexity*  $V(G)=1+1=2$  yang berarti dapat diterima karena kurang dari 10. Kemungkinan jalur lain pada

proses keluar ditunjukkan pada Tabel 2.



**Gambar 4.** Fungsi mengirim SMS pada halaman utama *User Admin*, (a) *Flowchart ambildata()*, (b) *Flowchart kirimdatastring()*, dan (c) *Flowgraph*

**Tabel 2.** Jalur Proses Mengirim SMS

Jalur	Tahapan	Keterangan
1	1-2-3-2-4-5	Data untuk sms berhasil dikirim ke mikrokontroler
2	1-2-4-5	Tidak mendapat data untuk dikirim ke mikrokontroler

**3. Hasil dan Pembahasan**

Pengujian terhadap sub sistem perancangan perangkat lunak Sistem GTO ramah lingkungan terdiri dari pengujian *whitebox*, pengujian fungsionalitas program antarmuka pengolahan basis data, dan pengujian kehandalan sistem.

**3.1 Pengujian Whitebox**

Pengujian *whitebox* dilakukan agar perangkat lunak yang sedang dibangun atau dikembangkan dapat diketahui cara kerjanya secara rinci. Jalur logika perangkat lunak akan diuji menggunakan *cyclomatic complexity* untuk mengetahui semua *path* pada program seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Nilai kompleksitas tertinggi terdapat pada fungsi nomer 6 yaitu pembuatan tabel jumlah kendaraan pada *pnllaporan* yang bernilai 7. Meskipun demikian nilai kompleksitas fungsi ini masih dapat diterima karena di bawah 10. Ini berarti program masih dapat ditangani bila terjadi masalah atau kesalahan dan dilakukan pengembangan lebih lanjut.

**3.2 Pengujian Fungsionalitas Program Antarmuka Pengolahan Basis Data**

Pengujian fungsionalitas aplikasi program antarmuka untuk pengolahan basis data dilakukan

dengan mengeksekusi program beserta pilihan tombol-tombol fungsi untuk memastikan bahwa fungsi-fungsi tersebut berjalan sesuai dengan fungsinya. Pengujian meliputi aplikasi program antarmuka pada *user admin*, *user agen saldo*, dan *user superadmin*.

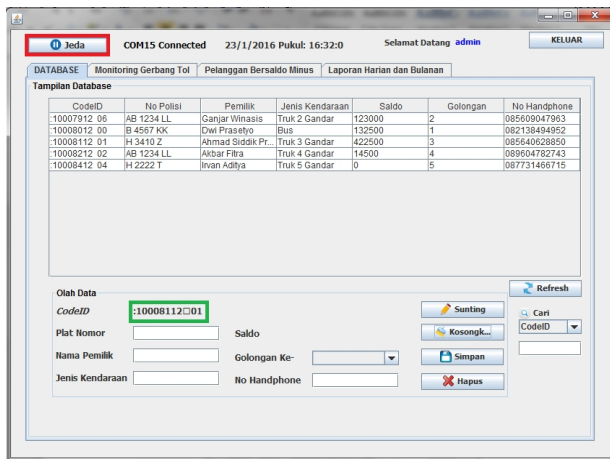
**Tabel 3.** Nilai *cyclomatic complexity* V(G) tiap fungsi

No	Kelas	Fungsi	Nilai Kompleksitas V(G)
1	AdminLogin	Login	4
2	AdminFrame	Jeda Keluar	2
3	Paneldatabase	<i>Refreshable</i> Hapus Simpan Sunting Cari Klik Untuk Tampil Data	2 3 4 5 2
4	panelmonitoring	Menampilkan Tabel Monitoring Pie Chart Bar Chart	2 6 1
5	panelsalddominus	Menampilkan Data Bersaldo ≤ 0 Mengirimkan SMS	2 2
6	pnllaporan	Pembuatan Tabel Jumlah Kendaraan dan Pemasukan pada Laporan Pembuatan Data PieChart pada Laporan Mencetak Laporan	7 6 1
7	AgenLogin	Login	4
8	AgenFrame	Keluar Konfirmasi Isi Saldo	2 4 1
9	SuperAdminLogin	Login	3
10	SuperAdminFrame	<i>User</i> Hapus Simpan Sunting Akses <i>User</i> Lain	2 3 6 5 1
11	KoneksiArduino	Serial Komunikasi dengan Mikrokontroler	6

**3.2.1 Pengujian Fungsionalitas User Admin.**

Tampilan awal *user admin* setelah PC terhubung ke mikrokontroler dan *tag* RFID terdeteksi ditunjukkan pada Gambar 5. Pada menu *user admin* terdapat dua tombol fungsi yaitu “KELUAR” dan “Jeda”. Tombol “KELUAR” berfungsi untuk kembali ke halaman *login user admin* dan tombol “Jeda” berfungsi untuk memberikan intruksi pada mikrokontroler untuk berhenti membaca *input* yang diberikan *reader* RFID untuk sesaat.





Gambar 5. Tampilan awal user admin setelah tag RFID terdeteksi dan terhubung ke mikrokontroler.

1. Pengujian tombol “KELUAR”

Jika tombol “KELUAR” diklik maka muncul kotak dialog konfirmasi untuk disetujui, apabila tombol “Yes” diklik maka tampilan akan kembali ke halaman login, sedangkan bila tombol “No” diklik maka program tidak jadi kembali ke halaman login.

2. Pengujian Tombol “Jeda”

Apabila tombol “Jeda” diklik maka tombol berganti tulisan menjadi tombol “Lanjut”. Jika tombol “Jeda” diklik, maka mikrokontroler berhenti membaca input yang dikirimkan oleh reader RFID hingga tombol “Lanjut” diklik. Fungsi tombol ”Jeda” dan “Lanjut” berguna saat proses penyimpanan data untuk menjaga data CodeID tidak berubah saat proses penyimpanan belum berakhir. Kotak warna hijau menunjukkan nomor unik tag RFID yang terdeteksi.

3.2.1.1 Tab Tampilan Database

Tampilan ini berisi tabel basis data kendaraan dengan data CodeID, nomor polisi, pemilik, jenis kendaraan, saldo, golongan, dan nomor telepon genggam dan fungsi-fungsi tombol untuk melakukan pengolahan basis data.

Tombol “Sunting” disediakan untuk menyunting perubahan data. Apabila CodeID kosong atau terdapat form isian data yang kosong atau tidak ada perubahan data maka data tidak akan dieksekusi oleh program untuk disunting.

Tombol “Kosongkan” disiapkan untuk mengosongkan form isian data.

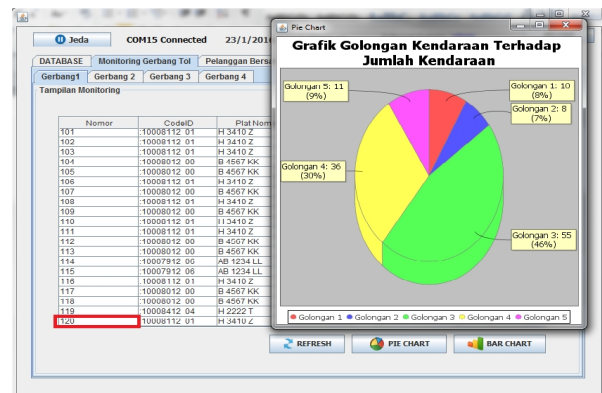
Tombol “Simpan” digunakan untuk menyimpan data baru. Apabila data CodeID sebagai kode tag dari RFID telah terdaftar atau terdapat form isian data yang kosong maka data tidak akan dieksekusi oleh program untuk disimpan.

Tombol “Hapus” diperlukan untuk menghapus

data. Saat dieksekusi program akan merespon dengan kotak dialog konfirmasi, apabila disetujui maka data akan dihapus, sedangkan bila tidak disetujui maka data tidak jadi dihapus.

3.2.1.2 Tab Tampilan Monitoring Gerbang Tol

Tampilan ini terbagi menjadi tab tampilan Gerbang 1, Gerbang 2, Gerbang 3, dan Gerbang 4. Ini disiapkan untuk mengakomodir implementasi pemantauan sampai dengan empat gerbang tol. Tab Gerbang 1 berisi tabel yang memuat data dengan kolom nomor, CodeID, nomor polisi, jenis kendaraan, golongan, dan waktu kendaraan saat terdeteksi oleh sistem pemantauan. Tab Monitoring Gerbang Tol dilengkapi dengan auto-refresh atau penampilan ulang tabel setiap 5 detik. Tombol yang lain adalah “REFRESH”, “PIE CHART”, dan “BAR CHART”. Gambar 6 menampilkan hasil pemantauan seluruh kendaraan yang melewati Gerbang 1 berdasarkan golongannya ketika Tombol “PIE CHART” diklik.



Gambar 6. Hasil pemantauan kendaraan yang melewati Gerbang 1 ditampilkan dalam pie chart.

Jika tombol “BAR CHART” diklik maka program merespon dengan mengeluarkan tampilan data jumlah seluruh kendaraan yang melewati Gerbang 1 berdasarkan bulan dan tahun dalam bentuk diagram batang.

3.2.1.3 Tab Tampilan Pelanggan Bersaldo Minus

Tab tampilan ini berfungsi untuk memudahkan user admin guna mengetahui semua pelanggan pengguna tol terdaftar yang memiliki saldo minus. Program akan menampilkan seluruh pelanggan terdaftar yang memiliki saldo 0 atau minus.

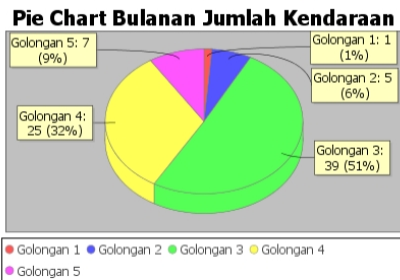
3.2.1.4 Tab Tampilan Laporan Harian dan Bulanan

Tab tampilan ini memiliki fungsi untuk membuat laporan mengenai jumlah kendaraan dan pemasukan yang didapatkan dari kendaraan yang melintas pada Gerbang Tol 1. Terdapat dua fungsi untuk membuat

laporan yaitu harian dan bulanan dengan menekan tombol “CETAK BULANAN” dan “CETAK HARIAN”. Gambar 7 menampilkan keluaran fungsi program untuk membuat laporan bulanan pemasukan dan jumlah kendaraan yang melintas pada Gerbang Tol.

**Laporan Bulanan Pemasukan dan Jumlah Kendaraan Melintas**  
Sat Jan 23 20:10:47 ICT 2016

Bulan 12 Tahun 2015			
Golongan 1	1	Pemasukan	2500
Golongan 2	5	Pemasukan	12500
Golongan 3	39	Pemasukan	136500
Golongan 4	25	Pemasukan	112500
Golongan 5	7	Pemasukan	35000
Total	77		Rp. 299000



admin  
(.....)

**Gambar 7.** Tampilan laporan bulanan pemasukan dan jumlah kendaraan yang melintasi Gerbang Tol.

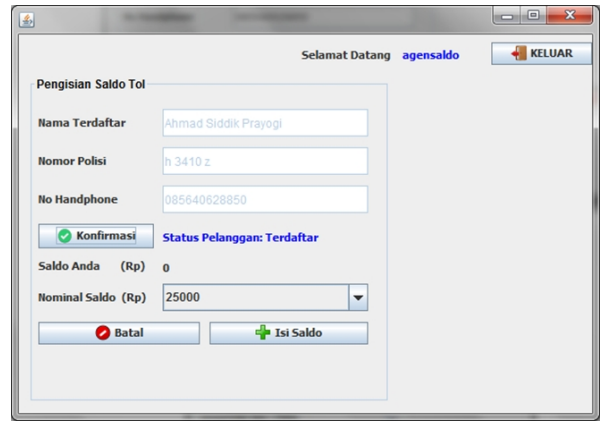
**3.2.2 Pengujian Fungsionalitas User Agen Saldo**

Program *user* agen saldo berfungsi untuk mengisi saldo pelanggan pengguna jalan tol yang terdaftar. Langkah yang diperlukan adalah mengisi nama pelanggan, nomor polisi kendaraan, dan nomor telepon pelanggan. Apabila data-data tersebut benar dan terdaftar dalam basis data maka pengisian saldo dapat dilakukan, sedangkan bila data isian salah maka akan muncul respon program pelanggan tidak terdaftar dan pengisian saldo tidak dapat dilakukan. Gambar 8 menampilkan tampilan untuk user agen saldo, untuk pelanggan yang terdaftar (a) dan yang tidak terdaftar (b).

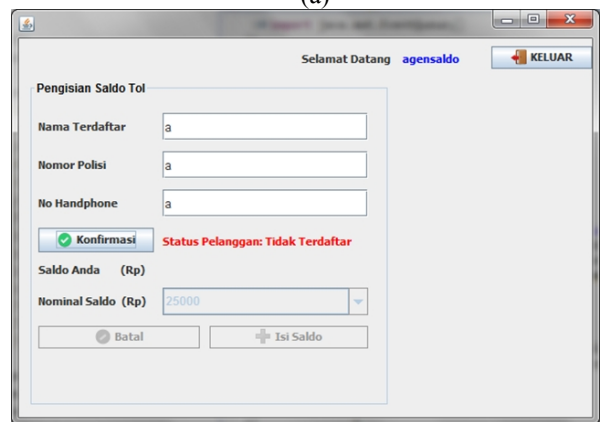
**3.2.3 Pengujian Fungsionalitas User Super Admin.**

Fungsi utama program *user super admin* adalah melakukan pengelolaan *user-user* lain. Tampilan menu *user super admin* dapat dilihat pada Gambar 9.

Pada menu *user super admin* terdapat fungsi untuk menambah *user admin* atau *user* agen saldo, mengaktifkan dan menonaktifkan *user-user* lain, menghapus *user*, dan akses ke tampilan utama program *user admin* dan tampilan utama program *user* agen saldo tanpa melalui halaman *login*.

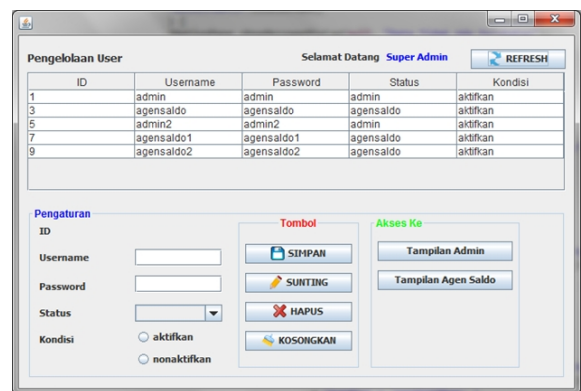


(a)



(b)

**Gambar 8.** tampilan *user* agen saldo, untuk pelanggan yang terdaftar (a) dan tidak terdaftar (b).



**Gambar 9.** Tampilan utama *user super admin*.

**3.3 Pengujian Keandalan Sistem**

Setelah perangkat keras dan perangkat lunak berhasil diintegrasikan ke dalam purwarupa sistem gerbang tol ramah lingkungan diuji di laboratorium, langkah berikutnya adalah pengujian di lapangan. Skenario pengujian di lapangan ditampilkan di Gambar 10.



**Gambar 10.** Skenario pengujian integrasi perangkat keras dan perangkat lunak purwarupa sistem GTO ramah lingkungan berbasis RFID di lapangan.

Kendaraan yang membawa *tag* RFID aktif dikendarai oleh pelanggan dengan nomor telepon genggam sudah terdaftar di sistem. Ketika kendaraan melewati *reader* RFID di sebelah kiri, maka sistem akan mengidentifikasi golongan kendaraan, melakukan pemotongan saldo sesuai golongan, dan mengirimkan SMS notifikasi ke telepon genggam.

Pengujian dikatakan sukses jika pelanggan menerima notifikasi SMS setelah kendaraan yang membawa *tag* RFID melewati *reader*. Pengujian selanjutnya adalah waktu layanan, yaitu kemampuan sistem dalam melayani transaksi setiap pelanggan yang datang.

### 3.3.1 Pengujian Kirim Terima SMS

Pengujian dilakukan dengan mengirimkan SMS notifikasi ke telepon genggam pelanggan yang terdaftar di basis data, setelah kendaraan dengan *tag* aktif RFID melewati RFID *reader*. Format notifikasi berisi informasi sisa saldo dan waktu melewati RFID *reader* (Gardu Tol). SMS berhasil dikirimkan dan diterima di telepon genggam pelanggan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.

### 3.3.2 Pengujian Waktu Layanan

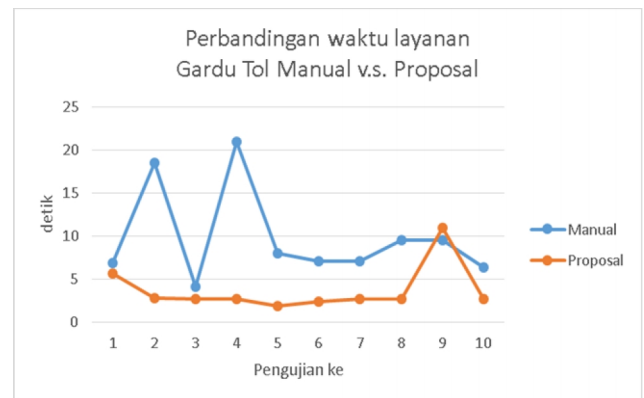
Kehandalan sistem juga diukur dari waktu layanan yang disediakan oleh sistem. Waktu layanan secara manual ditentukan oleh kecepatan transaksi antara operator dan pengendara kendaraan. Waktu layanan ini dihitung dari kendaraan datang, operator menentukan golongan kendaraan, kendaraan berhenti untuk membayar tarif, dan kendaraan melintas. Waktu layanan sistem identifikasi adalah kendaraan datang dengan kecepatan 20 km/jam, terdeteksi, saldo pengguna terpotong sesuai golongan kendaraan, hingga

notifikasi SMS dikirimkan.

Perbandingan waktu layanan identifikasi golongan kendaraan secara manual dengan sistem identifikasi menggunakan sistem yang diusulkan ditunjukkan pada Gambar 12.



**Gambar 11.** SMS notifikasi diterima dengan sukses di telepon genggam pelanggan yang terdaftar.



**Gambar 12.** Grafik perbandingan antara waktu layanan di Gardu Tol secara manual dan identifikasi berbasis RFID yang diusulkan.

Pada pengujian ke 2 dan 4, sistem manual membutuhkan waktu lebih lama karena pelanggan membayar tidak dengan uang pas, sehingga operator harus menyediakan uang kembalian. Sedangkan pada pengujian ke 9 sistem RFID mengalami *lag* pembacaan karena mengalami *resetting*. Gambar 12 menunjukkan rata-rata waktu layanan secara manual lebih lama yaitu 10 detik dibandingkan dengan waktu layanan menggunakan sistem yang diusulkan yaitu hanya 4 detik. Dari hasil ini, sistem yang diusulkan mampu mempersingkat waktu layanan gerbang tol sebesar 60 %.



#### 4. Kesimpulan

Perangkat lunak untuk melakukan pemantauan dan pengolahan basis data pada purwarupa Sistem GTO ramah lingkungan sudah berhasil dikembangkan. Pengujian *white box* dan fungsionalitas menunjukkan sistem yang dikembangkan dapat berjalan sesuai yang direncanakan. *Tag* RFID yang terdeteksi muncul pada *tab* tampilan *monitoring* Gerbang Tol aplikasi program *user admin* dengan data Nomor, *CodeID*, Nomor Polisi, Jenis Kendaraan, Golongan, dan Waktu saat *tag* terdeteksi. Sistem menyediakan layanan untuk membuat laporan jumlah kendaraan dan pemasukan per hari atau per bulan. Sistem pembayaran *online* yang diambil langsung dari saldo pengguna, mengeliminasi antrian di gerbang tol. Notifikasi transaksi yang dikirimkan lewat SMS diterima dengan sukses oleh telepon genggam pengguna yang terdaftar, menghilangkan sampah kertas di daerah sekitar gerbang tol. Waktu layanan Sistem GTO ramah lingkungan yang lebih singkat dibandingkan waktu layanan sistem gerbang tol yang sekarang ada, menghemat 60% waktu layanan.

#### Daftar Pustaka

- Al-Ghawi, S. S., Al Rabbi, M. A., Hussain., S. A., Hussain, S. Z. (2016) Automatic Toll E-Ticketing System For Transportation Systems". *3rd MEC International Conference on Big Data and Smart City*.
- Chapate, A. A., Nawgaje, D. D. (2015). Toll Collection System Based on ARM. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR)*, 4(1), 46-49.
- Doshi, D. A., Mayuri S, Mhaske, Kalyani S, Wakchaure, Sayali A., Padwal (2016). Electronic Toll Collection System Based on RFID with GSM. *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education (IJARIIE)*, 2(2), 838 – 843.
- Karsaman, R. H. , Nugraha, Y. A., Hendarto, S., Zukhruf, F. (2015). A Comparative Study on Three Electronics Toll Collection Systems in Surabaya. *International Conference on Information Technology System and Innovation (ICITSI)*.
- Kiran, A. (2013). "Design Of Electronic Toll Collection (Etc) System On Arm- 7 Using RFID Technology," *International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT)*, 4(9), 3271-3277.
- Persad, K., Walton, C. M., Hussain, S. (2007). Toll Collection Technology and Best Practices. *Res. Gate*.
- PT JASA MARGA (PERSERO) TBK (2014) *Connectivity for Driving Growth: Annual report 2014*. Jakarta: PT JASA MARGA (PERSERO) TBK.
- Sodikin, Riyanto, B., & Pudjianto, B. (2005). *Kajian Masalah Antrian Pada Sistem Pengumpulan Tol Konvensional Terhadap Rancangan Sistem Pengumpulan Tol Elektronik*. Semarang: Universitas Diponegoro
- Stula, M., Mladenovic, S. (2009). Multi-agent Highway Toll Collection System. *Automatika: Journal for Control, Measurement, Electronics, Computing & Communications*, 50(1), 81-91.
- Syafei, W. A., Listyono, A.F., Darjat (2017). Hardware Design of Queuing Free Environmental Friendly Automatic Toll Gate Using RFID. *Proceedings The 4<sup>th</sup> International Conference of Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE) 2017*, 138 – 142.
- Syafei, W. A., Darjat, Hidayatno, A. Ochi, H. (2018). Queuing Free Smart Toll Gate based on Wireless Technology. *Proceedings International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication System (ISPACS) 2018*, 24 – 30