



**RANCANG BANGUN SISTEM TRANSAKSI DAN PENGOLAHAN DATA  
KENDARAAN BERBASIS FIREBASE PADA PROTOTIPE GERBANG  
TOL *FREE FLOW***

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan pada  
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi  
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi  
Universitas Diponegoro

Oleh:

Elhida Fauzia Riannuha

40040322650025

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI  
SEKOLAH VOKASI  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

**2026**

## LAPORAN TUGAS AKHIR

### RANCANG BANGUN SISTEM TRANSAKSI DAN PENGOLAHAN DATA KENDARAAN BERBASIS FIREBASE PADA PROTOTIPE GERBANG TOL *FREE FLOW*

Diajukan oleh:

Elhida Fauzia Riannuha

40040322650025

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA DENGAN BAIK OLEH

DOSEN PEMBIMBING,

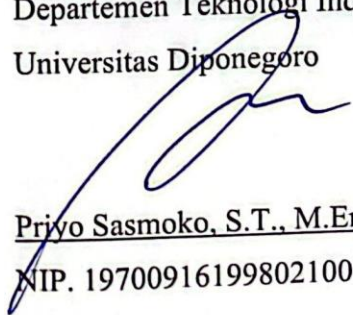


Jatmiko Endro Suseno S.Si., M.Si., Ph.D., F.Med. Tanggal 12 Agustus 2026  
NIP. 197211211998021001

Mengetahui

Ketua

Program Studi S. Tr Teknologi Rekayasa Otomasi  
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi  
Universitas Diponegoro



Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng.  
NIP. 197009161998021001

Tanggal 12 Agustus 2026

## HALAMAN PENGESAHAN

### TUGAS AKHIR

#### PERANCANG BANGUN SISTEM TRANSAKSI DAN PENGOLAHAN DATA KENDARAAN BERBASIS FIREBASE PADA PROTOTIPE GERBANG TOL *FREE FLOW*

Disusun oleh:

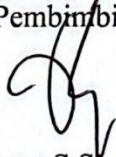
Elhida Fauzia Riannuha

40040322650025

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji pada tanggal

12/08/2026

Tim Penguji,  
Pembimbing



Jatmiko Endro Suseno S.Si., M.Si., Ph.D., F.Med.

NIP. 197211211998021001

Penguji 1

Penguji 2



Megarini Hersaputri, S.T., M.T.

NIP. 198902142020122012

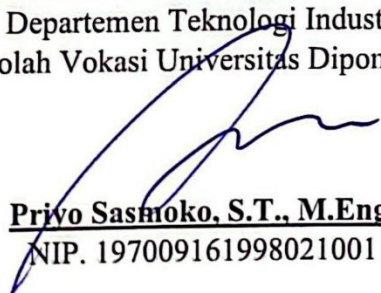


Dr. Lisa' Yihaa Roodhiyah S.Si., M.Si

NPPU.H.7.199210062022042001

Mengetahui,

Ketua Program Studi S.Tr. Teknologi Rekayasa Otomasi  
Departemen Teknologi Industri  
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro



Priyo Sasnoko, S.T., M.Eng.

NIP. 197009161998021001

## **SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

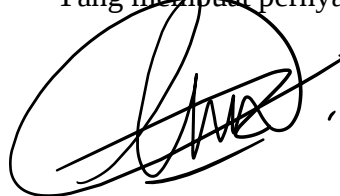
Nama : Elhida Fauzia Riannuha  
NIM : 40040322650025  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi  
Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN SISTEM TRANSAKSI  
DAN PENGOLAHAN DATA KENDARAAN  
BERBASIS FIREBASE PADA PROTOTIPE  
GERBANG TOL *FREE FLOW*

Dengan ini menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari terbukti melakukan plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan Peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 12 Agustus 2026

Yang membuat pernyataan,



Elhida Fauzia Riannuha

NIM. 40040322650025

## HALAMAN PERSEMBAHAN

"Setiap langkah kecil yang kita ambil hari ini adalah investasi untuk masa depan yang lebih cerah. Perjalanan ini tidak pernah mudah, namun selalu ada cahaya bagi mereka yang terus melangkah."

Karya ini merupakan sebuah lembaran baru dari perjuangan, dedikasi, dan kerja keras yang telah dilalui. Dengan rasa syukur yang mendalam kepada Tuhan Yang Maha Esa, laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dengan ketulusan hati kepada:

1. Bapak Erri Herwanto dan Ibu Anisah Susetyowati, kedua orang tua tercinta, pilar utama dalam hidup penulis, sumber kekuatan, kasih sayang, dan inspirasi terbesar bagi penulis. Terima kasih atas setiap untaian doa yang tiada putus, pengorbanan yang luar biasa, serta dukungan moral maupun materiil yang selalu menyertai langkah penulis hingga dapat menyelesaikan studi ini. Karya ini adalah salah satu wujud bakti kecil saya atas segala pengorbanan luar biasa Papa dan Mama.
2. Diriku sendiri, Elhida Fauzia Riannuha, terima kasih telah bertahan, tetap melangkah, dan tidak menyerah pada masa-masa sulit serta melelahkan selama proses penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih telah membuktikan bahwa kamu mampu menyelesaikan apa yang telah kamu mulai.
3. Bapak Jatmiko Endro Suseno, S.Si., M.Si., Ph.D., F.Med., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir. Terima kasih atas segala bimbingan, kesabaran, waktu, serta arahan berharga yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
4. Sahabat dan Teman-Teman seperjuangan, Terima kasih telah hadir menjadi pendengar yang baik di kala penat melanda, memberikan bantuan teknis, serta berbagi tawa dan semangat di sepanjang dinamika perkuliahan. Kebersamaan ini adalah cerita terbaik.
5. Almamater Tercinta, Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, tempat saya menempa diri, mereguk ilmu,

dan bertransformasi. Terima kasih telah menyediakan ruang bagi saya untuk bertumbuh, mengembangkan potensi di bidang otomasi, serta memberikan bekal pengalaman berharga yang akan saya bawa ke jenjang kehidupan berikutnya.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “RANCANG BANGUN SISTEM TRANSAKSI DAN PENGOLAHAN DATA KENDARAAN BERBASIS FIREBASE PADA PROTOTIPE GERBANG TOL *FREE FLOW*”. Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada Program Studi Sarjana Terapan (D-IV) Teknologi Rekayasa Otomasi, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.

Penulis menyadari bahwa selesainya laporan ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat-Nya yang telah memberikan kelancaran dan kemudahan dalam melaksanakan penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Prof. Dr. Suharnomo, SE., M.Si., selaku Rektor Universitas Diponegoro.
3. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Bapak Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Otomasi Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
6. Bapak Jatmiko Endro Suseno, S.Si., M.Si., Ph.D., F.Med., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan serta petunjuk kepada penulis agar dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
7. Ibu Megarini Hersaputri, S.T., M.T., selaku Dosen Wali yang telah dengan sabar membimbing, memberikan arahan, dan memotivasi penulis selama menempuh studi di Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

8. Seluruh Dosen dan Tenaga Kependidikan Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, yang telah banyak membantu, membimbing, dan memberikan arahan kepada penulis selama proses perkuliahan.
9. Bapak Erri Herwanto dan Ibu Anisah Susetyowati, selaku kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan dukungan moral maupun materiil serta doa yang tiada hentinya.
10. Aulia Fitriyani dan Grace Widya Dharma Mahardika, selaku sahabat terbaik penulis. Terima kasih atas persahabatan tulus yang telah terjalin selama sepuluh tahun ini. Terima kasih karena selalu setia menemani penulis dalam segala situasi, memberikan energi positif, serta mengalirkan motivasi yang tak pernah putus hingga tugas akhir ini selesai.
11. Veni Tri Wahyuningsih, yang selalu setia menemani penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Terima kasih telah memberikan akomodasi kepada penulis, meluangkan waktu untuk mendengarkan setiap keluhan kesah, serta memberikan dukungan dan motivasi yang luar biasa sejak awal pengerjaan hingga titik akhir.
12. Firmansyah Trijaya, yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan berbagai kendala pada program Tugas Akhir. Terima kasih atas bantuan teknis, waktu, serta kesabarannya dalam mendengarkan setiap keluhan kesah, serta selalu memberikan semangat dan motivasi tiada henti selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
13. Teman-teman BPH Biro Media Informasi dan Publikasi (Wening dan Shello), yang telah banyak menemani penulis berkembang dan menyelesaikan semua tanggung jawab selama berorganisasi, juga selama penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
14. Seluruh rekan-rekan seperjuangan yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Terima kasih atas dukungan moral, kebersamaan, dan motivasi yang telah diberikan. Kehadiran kalian menjadi bagian yang sangat penting dalam perjalanan penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, baik dari segi materi maupun teknik penyajian, mengingat keterbatasan pengetahuan dan pengalaman penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan laporan ini di masa mendatang.

Akhir kata, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan wawasan tambahan, khususnya bagi mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi dan umumnya bagi pembaca sekalian.

Semarang, 12 Agustus 2026

Elhida Fauzia Riannuha

## DAFTAR ISI

|                                                                   |                                     |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| LAPORAN TUGAS AKHIR.....                                          | i                                   |
| LAPORAN TUGAS AKHIR.....                                          | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| HALAMAN PENGESAHAN.....                                           | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....                             | ii                                  |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....                                         | iv                                  |
| KATA PENGANTAR .....                                              | vi                                  |
| DAFTAR ISI.....                                                   | ix                                  |
| DAFTAR TABEL .....                                                | xii                                 |
| DAFTAR GAMBAR .....                                               | xiii                                |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                                              | xiv                                 |
| INTISARI.....                                                     | xv                                  |
| ABSTRACT.....                                                     | xvi                                 |
| DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL.....                                  | xvii                                |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                           | 1                                   |
| 1.1 Latar Belakang .....                                          | 1                                   |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                         | 3                                   |
| 1.3 Tujuan Tugas Akhir.....                                       | 4                                   |
| 1.4 Manfaat Tugas Akhir.....                                      | 4                                   |
| 1.4.1 Manfaat untuk Akademik .....                                | 4                                   |
| 1.4.2 Manfaat untuk Implementasi .....                            | 5                                   |
| 1.5 Batasan Masalah.....                                          | 5                                   |
| 1.6 Sistematika Laporan Tugas Akhir .....                         | 6                                   |
| BAB II DASAR TEORI .....                                          | 8                                   |
| 2.1 Tinjauan Pustaka .....                                        | 8                                   |
| 2.2 Kondisi Jalan Tol di Indonesia .....                          | 14                                  |
| 2.3 Sistem <i>Single Lane Free Flow</i> (SLFF).....               | 19                                  |
| 2.3.1 Alur Pembayaran Tol Konvensional dan <i>Free Flow</i> ..... | 20                                  |
| 2.4 <i>Internet of Things</i> (IoT) .....                         | 21                                  |
| 2.4.1 Komunikasi Data dan Koneksi <i>Wi-Fi</i> .....              | 23                                  |
| 2.4.2 <i>Wi-Fi</i> RSSI .....                                     | 24                                  |

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.5 Firebase Realtime Database .....                                 | 25        |
| 2.6 <i>Finite State Machine</i> (FSM).....                           | 27        |
| 2.7 Sistem Transaksi dan Pengolahan Data Kendaraan .....             | 28        |
| 2.8 ESP32 .....                                                      | 30        |
| 2.9 RFID .....                                                       | 32        |
| 2.10 Sensor Ultrasonik HY-SRF05 .....                                | 34        |
| 2.11 LCD I2C 20X4 .....                                              | 37        |
| 2.12 Motor Servo MG996R.....                                         | 38        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>                                | <b>41</b> |
| 3.1 Diagram Blok .....                                               | 41        |
| 3.2 <i>Flowchart</i> .....                                           | 43        |
| 3.2.1 Sistem Keseluruhan .....                                       | 44        |
| 3.2.2 Sistem Transaksi dan Pengolahan Data Kendaraan.....            | 45        |
| 3.2.3 Diagram State <i>Finite State Machine</i> (FSM) .....          | 47        |
| 3.3 Gambar 3D .....                                                  | 51        |
| 3.4 Skema Pengkabelan ( <i>Wiring Diagram</i> ).....                 | 52        |
| 3.5 Spesifikasi dan Fitur .....                                      | 54        |
| 3.5.1 Spesifikasi.....                                               | 55        |
| 3.5.2 Fitur .....                                                    | 55        |
| 3.6 Teknik Fabrikasi .....                                           | 56        |
| 3.6.1 Alat dan Bahan .....                                           | 56        |
| 3.6.2 Perancangan Sistem .....                                       | 57        |
| 3.7 Metode Analisis Data .....                                       | 58        |
| 3.7.1 Perhitungan <i>Error</i> .....                                 | 59        |
| 3.7.2 Perhitungan Akurasi .....                                      | 59        |
| 3.7.3 Perhitungan Rata-Rata ( <i>Mean</i> ) .....                    | 59        |
| 3.7.4 Estimasi Total Waktu Proses .....                              | 60        |
| <b>BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA .....</b>                            | <b>61</b> |
| 4.1 Tujuan Pengujian.....                                            | 61        |
| 4.2 Pengujian Konektivitas ESP32 ke Firebase .....                   | 61        |
| 4.2.1 Pengujian Konektivitas Awal .....                              | 62        |
| 4.2.2 Pengujian Kekuatan Sinyal (RSSI) Selama Proses Transaksi ..... | 65        |

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3 Pengujian Identifikasi Kendaraan .....                             | 68  |
| 4.4 Pengujian Validasi Saldo dan Transaksi .....                       | 72  |
| 4.5 Pengujian Pengolahan dan Penyimpanan Data Kendaraan .....          | 79  |
| 4.6 Pengujian <i>Dashboard Monitoring</i> Transaksi .....              | 84  |
| 4.6.1 Kesesuaian Data <i>Dashboard</i> dengan Firebase .....           | 85  |
| 4.6.2 Pengujian <i>Delay</i> Pembaruan Data ( <i>real-time</i> ) ..... | 88  |
| 4.7 Pengujian <i>Power Supply</i> dan <i>Buck Converter</i> .....      | 90  |
| 4.7.1 Pengujian <i>Power Supply</i> .....                              | 90  |
| 4.7.2 Pengujian <i>Buck Converter</i> .....                            | 91  |
| 4.8 Pengujian Sensor, <i>RFID Reader</i> , dan Aktuator .....          | 93  |
| 4.8.1 Pengujian Akurasi Sensor Ultrasonik .....                        | 93  |
| 4.8.2 Pengujian Jarak Pembacaan <i>RFID Reader</i> .....               | 94  |
| 4.8.3 Pengujian Aktuator (Motor Servo dan <i>Relay</i> ) .....         | 95  |
| 4.9 Analisa Keseluruhan .....                                          | 99  |
| BAB V PENUTUP .....                                                    | 102 |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                   | 102 |
| 5.2 Saran .....                                                        | 104 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                   | 106 |
| LAMPIRAN .....                                                         | 113 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                              |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Tabel 2. 1</b> Tinjauan Pustaka .....                                                                                     | 8    |
| <b>Tabel 2. 2</b> Perbandingan Sistem Pembayaran Tol di Indonesia .....                                                      | 15   |
| <b>Tabel 2. 3</b> Parameter Kekuatan Sinyal Wi-Fi RSSI .....                                                                 | 24   |
| <b>Tabel 2. 4</b> Spesifikasi ESP32 .....                                                                                    | 31   |
| <b>Tabel 2. 5</b> Spesifikasi UHF RFID Reader EL-UHF-RMT01.....                                                              | 344  |
| <b>Tabel 2. 6</b> Spesifikasi Sensor Ultrasonik HY-SRF05 .....                                                               | 366  |
| <b>Tabel 2. 7</b> Spesifikasi LCD 20X4 .....                                                                                 | 377  |
| <b>Tabel 2. 8</b> Spesifikasi Motor Servo MG996R.....                                                                        | 399  |
| <b>Tabel 3. 1</b> Konfigurasi Pin .....                                                                                      | 53   |
| <b>Tabel 3. 2</b> Alat dan Bahan .....                                                                                       | 566  |
| <b>Tabel 4. 1</b> Hasil Pengujian Konektivitas ESP32 ke Firebase.....                                                        | 6262 |
| <b>Tabel 4. 2</b> Hasil Pengujian Kekuatan Sinyal (RSSI) Selama Proses Transaksi Pengiriman Data.....                        | 666  |
| <b>Tabel 4. 3</b> Hasil Pengujian Identifikasi Kendaraan .....                                                               | 699  |
| <b>Tabel 4. 4</b> Hasil Pengujian Validasi Saldo dan Transaksi (Saldo Lebih, Saldo Pas, Saldo Kurang, Tidak Terdaftar) ..... | 73   |
| <b>Tabel 4. 5</b> Pengujian Data Akun Kendaraan .....                                                                        | 80   |
| <b>Tabel 4. 6</b> Pengujian Pengolahan dan Penyimpanan Data Kendaraan.....                                                   | 8181 |
| <b>Tabel 4. 7</b> Perbandingan Data Ringkasan <i>Dashboard</i> dengan Data Aktual.....                                       | 866  |
| <b>Tabel 4. 8</b> Pengujian <i>Delay Dashboard</i> .....                                                                     | 8888 |
| <b>Tabel 4. 9</b> Hasil Pengujian <i>Power Supply</i> (PSU) .....                                                            | 911  |
| <b>Tabel 4. 10</b> Hasil Pengujian <i>Buck Converter</i> dan Tegangan <i>Input</i> ESP32 .....                               | 9292 |
| <b>Tabel 4. 11</b> Hasil Pengujian Akurasi Sensor Ultrasonik .....                                                           | 9494 |
| <b>Tabel 4. 12</b> Hasil Pengujian Jarak Pembacaan RFID (Ringkasan) .....                                                    | 955  |
| <b>Tabel 4. 13</b> Hasil Pengujian Motor Servo .....                                                                         | 966  |
| <b>Tabel 4. 14</b> Hasil Pengujian <i>Relay</i> dan <i>Pilot Lamp</i> .....                                                  | 988  |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                      |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Gambar 2. 1</b> Perkembangan Sistem Pembayaran Tol di Indonesia.....                              | 17   |
| <b>Gambar 2. 2</b> <i>Single Lane Free Flow</i> .....                                                | 20   |
| <b>Gambar 2. 3</b> Perbandingan Alur Pembayaran Tol Konvensional dan <i>Free Flow</i> .....          | 21   |
| <b>Gambar 2. 4</b> <i>Internet of Things (IoT)</i> .....                                             | 22   |
| <b>Gambar 2. 5</b> Firebase.....                                                                     | 25   |
| <b>Gambar 2. 6</b> ESP32 .....                                                                       | 30   |
| <b>Gambar 2. 7</b> UHF RFID Reader EL-UHF-RMT01 .....                                                | 333  |
| <b>Gambar 2. 8</b> Sensor Ultrasonik HY-SRF05 .....                                                  | 355  |
| <b>Gambar 2. 9</b> LCD 20x4 .....                                                                    | 377  |
| <b>Gambar 2. 10</b> Motor Servo MG996R.....                                                          | 399  |
| <b>Gambar 3. 1</b> Diagram Blok Sistem.....                                                          | 41   |
| <b>Gambar 3. 2</b> <i>Flowchart</i> Keseluruhan Sistem Gerbang Tol <i>Free Flow</i> .....            | 44   |
| <b>Gambar 3. 3</b> <i>Flowchart</i> Sistem Transaksi dan Pengolahan Data Kendaraan.....              | 46   |
| <b>Gambar 3. 4</b> Diagram State Finite State Machine .....                                          | 48   |
| <b>Gambar 3. 5</b> Kode Program Cuplikan Fungsi Dispatcher runFSM() .....                            | 50   |
| <b>Gambar 3. 6</b> <i>3D Design</i> Gerbang Tol <i>Free Flow</i> .....                               | 51   |
| <b>Gambar 3. 7</b> Rangkaian Elektrikal Gerbang Tol <i>Free Flow</i> .....                           | 52   |
| <b>Gambar 4. 1</b> Log Serial Monitor Koneksi Wi-Fi dan Firebase (Percobaan ke-1)<br>.....           | 6464 |
| <b>Gambar 4. 2</b> Log <i>Serial Monitor</i> Koneksi <i>Wi-Fi</i> dan Firebase (Percobaan ke-2)..... | 64   |
| <b>Gambar 4. 3</b> Tampilan LCD pada Skenario Saldo Lebih (MOBIL1) .....                             | 7575 |
| <b>Gambar 4. 4</b> Tampilan LCD pada Skenario Saldo Pas (MOBIL2) .....                               | 7676 |
| <b>Gambar 4. 5</b> Tampilan LCD pada Skenario UID Tidak Terdaftar (MOBIL0) ..                        | 766  |
| <b>Gambar 4. 6</b> Tampilan Node Users pada Firebase Realtime Database .....                         | 80   |
| <b>Gambar 4. 7</b> Tampilan Node Log 67983 pada Firebase Realtime Database.....                      | 81   |
| <b>Gambar 4. 8</b> Tampilan Node Log 27083.....                                                      | 82   |
| <b>Gambar 4. 9</b> Tampilan Utama <i>Dashboard Monitoring</i> Transaksi .....                        | 84   |
| <b>Gambar 4. 10</b> Tampilan Lanjutan <i>Dashboard: Data Kendaraan dan Log Transaksi</i><br>.....    | 877  |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                               |       |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Lampiran 1.</b> Kode Program Free Flow Gate .....                          | 113   |
| <b>Lampiran 2.</b> Kode Program Inisialisasi <i>Firestore</i> .....           | 1155  |
| <b>Lampiran 3.</b> Kode Program <i>Firestore Service</i> .....                | 1188  |
| <b>Lampiran 4.</b> Kode Program <i>FSM State</i> .....                        | 125   |
| <b>Lampiran 5.</b> Kode Program <i>LCD Task</i> .....                         | 145   |
| <b>Lampiran 6.</b> Kode Program <i>Index Dashboard Monitoring</i> .....       | 1466  |
| <b>Lampiran 7.</b> <i>Datasheet</i> Motor Servo MG996R [30] .....             | 157   |
| <b>Lampiran 8.</b> <i>Datasheet</i> Sensor Ultrasonik HY-SRF05 [40] .....     | 1599  |
| <b>Lampiran 9.</b> <i>Datasheet</i> LCD I2C 20x4 [27] .....                   | 16161 |
| <b>Lampiran 10.</b> <i>Datasheet</i> ESP32 [23].....                          | 16262 |
| <b>Lampiran 11.</b> <i>Node</i> <i>Firestore</i> .....                        | 16363 |
| <b>Lampiran 12.</b> Implementasi Desain Sistem Gerbang Tol .....              | 16565 |
| <b>Lampiran 13.</b> Hasil Pengukuran Tiap Jarak pada 3 Sensor Ultrasonik..... | 166   |

## INTISARI

### **RANCANG BANGUN SISTEM TRANSAKSI DAN PENGOLAHAN DATA KENDARAAN BERBASIS FIREBASE PADA PROTOTIPE GERBANG TOL *FREE FLOW***

Elhida Fauzia Riannuha

Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas  
Diponegoro

Pertumbuhan kendaraan yang terus meningkat di Indonesia menyebabkan antrean di gerbang tol masih sering terjadi karena sistem transaksi yang belum efisien. Meskipun telah menggunakan *e-toll*, kendala seperti kegagalan *tapping*, keterlambatan proses, dan kurangnya transparansi data masih ditemukan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem transaksi dan pengolahan data berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan Firebase pada prototipe gerbang tol *free flow*. Sistem menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali yang terintegrasi dengan sensor ultrasonik, RFID, dan motor servo, serta didukung oleh Firebase Realtime Database untuk penyimpanan dan *monitoring* data secara *real-time*. Metode *Finite State Machine* (FSM) diterapkan untuk mengatur alur sistem agar lebih terstruktur dan meminimalkan kesalahan transaksi. Sistem bekerja secara otomatis mulai dari deteksi kendaraan hingga proses transaksi dan respons gerbang. Hasil pengujian menunjukkan *RFID tag* terbaca dengan akurasi 100%, logika validasi FSM berjalan tanpa kesalahan pemotongan, dan konektivitas Firebase mencapai keberhasilan 100%. *Dashboard* pemantauan memperbarui data dengan waktu tunda rata-rata 1,3 detik, dengan estimasi total waktu penyelesaian transaksi sekitar 2,07 detik.

**Kata Kunci:** *ESP32, Internet of Things (IoT), Firebase, RFID, FSM, Gerbang Tol Free Flow*

## **ABSTRACT**

### **RANCANG BANGUN SISTEM TRANSAKSI DAN PENGOLAHAN DATA KENDARAAN BERBASIS FIREBASE PADA PROTOTIPE GERBANG TOL *FREE FLOW***

Elhida Fauzia Riannuha

Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas  
Diponegoro

*The continuous growth in the number of vehicles in Indonesia frequently leads to queues at toll gates due to inefficient transaction systems. Despite the use of e-toll systems, issues such as tapping failures, processing delays, and a lack of data transparency persist. This research aims to design an Internet of Things (IoT)-based transaction and data processing system using Firebase for a free-flow toll gate prototype. The system utilizes an ESP32 as the central controller, integrated with ultrasonic sensors, RFID, and servo motors, and is supported by the Firebase Realtime Database for real-time data storage and monitoring. A Finite State Machine (FSM) method is employed to structure the system workflow and minimize transaction errors. The system operates automatically, handling everything from vehicle detection to the transaction process and gate response. Test results indicate 100% accuracy in RFID tag reading, error-free execution of FSM validation logic regarding deduction processes, and a 100% success rate for Firebase connectivity. The monitoring dashboard updates data with an average latency of 1.3 seconds, while the estimated total transaction completion time is approximately 2.07 seconds.*

**Keywords:** *ESP32, Internet of Things (IoT), Firebase, RFID, FSM, Free Flow Toll Gate*

## DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

| Singkatan | Definisi                                                 | Simbol | Definisi                    |
|-----------|----------------------------------------------------------|--------|-----------------------------|
| ADC       | <i>Analog to Digital Converter</i>                       | %      | Persentase                  |
| ALB       | <i>Automatic Lane Barrier</i>                            | °      | Derajat                     |
| DAC       | <i>Digital to Analog Converter</i>                       | ±      | Toleransi                   |
| DC        | <i>Direct Current</i>                                    | >      | Kurang Lebih                |
| EPC       | <i>Electronic Product Code</i>                           | <      | Lebih Besar                 |
| ETC       | <i>Electronic Toll Collection</i>                        | ≥      | Dari                        |
| FSM       | <i>Finite State Machine</i>                              | ≤      | Lebih Kurang                |
| GND       | <i>Ground</i>                                            | -      | Dari                        |
| GNSS      | <i>Global Navigation / Satellite System</i>              |        | Lebih Besar                 |
| GPIO      | <i>General Purpose Input / Output</i>                    | +      | Dari atau Sama Dengan       |
| HTTP      | <i>Hypertext Transfer Protocol</i>                       | =      | Lebih Kecil                 |
| I2C       | <i>Inter-Integrated Circuit</i>                          | μs     | Dari atau Sama Dengan       |
| IEEE      | <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> | ms     | Dengan                      |
| IoT       | <i>Internet of Things</i>                                | s      | Nilai Negatif / Pengurangan |
| JSON      | <i>JavaScript Object Notation</i>                        | dBm    | Per / Pembagian             |
| KB        | <i>Kilobyte</i>                                          | Hz     | Penambahan                  |
| LCD       | <i>Liquid Crystal Display</i>                            | kHz    |                             |
| MLFF      | <i>Multi Lane Free Flow</i>                              | MHz    | Sama Dengan                 |
| MQTT      | <i>Message Queuing Telemetry Transport</i>               | V      |                             |
| NC        | <i>Normally Closed</i>                                   | VAC    | Mikrosekon                  |
| NTP       | <i>Network Time Protocol</i>                             | VDC    | Milisekon                   |
| OBU       | <i>On Board Unit</i>                                     | mA     | Sekon (Detik)               |
| PSU       | <i>Power Supply Unit</i>                                 | A      | Desibel-miliwatt            |
| PWM       | <i>Pulse Width Modulation</i>                            | Ω      | Hertz                       |

| <b>Singkatan</b> | <b>Definisi</b>                                    | <b>Simbol</b> | <b>Definisi</b>           |
|------------------|----------------------------------------------------|---------------|---------------------------|
| RFID             | <i>Radio Frequency Identification</i>              | cm            | Sentimeter                |
| ROM              | <i>Read Only Memory</i>                            | m             | Meter                     |
| RSSI             | <i>Received Signal Strength Indicator</i>          | mm            | Milimeter                 |
| RTDB             | <i>Realtime Database</i>                           | kgf·cm        | Kilogram-force Centimeter |
| SCL              | <i>Serial Clock</i>                                |               |                           |
| SDA              | <i>Serial Data</i>                                 |               |                           |
| SLFF             | <i>Single Lane Free Flow</i>                       |               |                           |
| SPI              | <i>Serial Peripheral Interface</i>                 |               |                           |
| SRAM             | <i>Static Random Access Memory</i>                 |               |                           |
| TTL              | <i>Transistor-Transistor Logic</i>                 |               |                           |
| UART             | <i>Universal Asynchronous Receiver Transmitter</i> |               |                           |
| UHF              | <i>Ultra High Frequency</i>                        |               |                           |
| UID              | <i>Unique Identifier</i>                           |               |                           |
| USB              | <i>Universal Serial Bus</i>                        |               |                           |
| VCC              | <i>Voltage Common Collector</i>                    |               |                           |
| VDC              | <i>Volt Direct Current</i>                         |               |                           |
| WDT              | <i>Watchdog Timer</i>                              |               |                           |
| Wi-Fi            | <i>Wireless Fidelity</i>                           |               |                           |