

**RANCANG BANGUN SISTEM *GATE* MENGGUNAKAN SENSOR RFID  
DAN *HUMAN MACHINE INTERFACE* (HMI) BERBASIS *INTERNET OF  
THINGS* (IOT) PADA *PROTOTYPE SMART ROTARY PARKING***

**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:

Muhammad Bayu Satria Wiriadinata  
40040322650016

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI SEKOLAH VOKASI  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2026**

## LAPORAN TUGAS AKHIR

### LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SISTEM *GATE* MENGGUNAKAN SENSOR RFID  
DAN *HUMAN MACHINE INTERFACE* (HMI) BERBASIS *INTERNET OF  
THINGS* (IOT) PADA *PROTOTYPE SMART ROTARY PARKING*

Diajukan oleh:

Muhammad Bayu Satria Wiriadinata

NIM. 40040322650016

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA DENGAN BAIK OLEH

Menyetujui,

Dosen Pembimbing,



Ahmad Ridlo Hanifudin Tahier S.Si., M.Si.

Semarang, 24 September 2026

NPPU H.7.199504152022041001

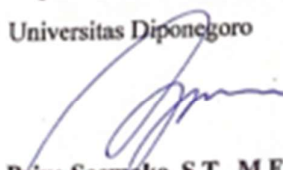
Mengetahui,

Ketua

Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi

Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro



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

Semarang, 24 September 2026

NIP. 197009161998021001

## HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

### HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SISTEM *GATE* MENGGUNAKAN SENSOR RFID  
DAN *HUMAN MACHINE INTERFACE* (HMI) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT) PADA *PROTOTYPE SMART ROTARY PARKING*

Disusun Oleh:

Muhammad Bayu Satria Wiriadinata

NIM. 40040322650016

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji pada Tanggal

24 September 2026

Tim Penguji,

Dosen Pembimbing



Ahmad Ridlo Hanifuddin Tahier, S.Si., M.Si.

NPPU. H.7.199504152022041001

Penguji 1



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

NPPU.H.7.199210062022042001

Penguji 2



Aulia Istiqomah SST., M.T.

NIP. 199306122024062002

Mengetahui,

Ketua Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi

Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro



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

NIP. 197009161998021001

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Bayu Satria Wiriadinata  
NIM : 40040322650016  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi  
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem *Gate* Menggunakan Sensor  
RFID dan *Human Machine Interface* (HMI) Berbasis  
*Internet of Things* (IoT) pada *Prototype Smart Rotary*  
*Parking*

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 dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No. 17 tahun 2010 dan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 24 September 2026

Yang Membuat Pernyataan



Muhammad Bayu Satria Wiriadinata

NIM. 40040322650016

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat, hidayat, dan inayah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan sekaligus menyelesaikan penulisan tugas akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Sistem *Gate* Menggunakan Sensor RFID dan *Human Machine Interface* (HMI) Berbasis *Internet of Things* (IoT) pada *Prototype Smart Rotary Parking*”. Tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik terapan (S.Tr.T) dari program studi D-IV Teknologi Rekayasa Otomasi, Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

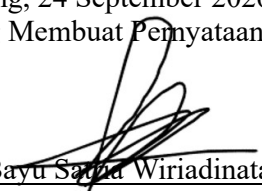
1. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.
3. Ahmad Ridlo Hanifudin Tahier, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan banyak waktu, pikiran, masukan berharga, serta arahan teknis yang membangun sejak tahap perencanaan alat hingga laporan ini tuntas.
4. Seluruh dosen serta tenaga kependidikan Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi yang telah mendidik, membagikan wawasan keilmuan, dan memfasilitasi kebutuhan akademis penulis selama masa perkuliahan
5. Mamah Eva Maria Pier Angeli, Papah Indra Maulana, Kaka Bintang Syafia Maharani, Tete Syazwina Naura Alia, Ade Bagus Satria Abimanyu, dan keluarga besar yang tiada hentinya memanjatkan doa tulus, memberikan

curahan kasih sayang, serta bantuan moril maupun materiil yang tak ternilai demi kelancaran studi penulis.

6. Keysha Fatchu Ishtamar yang selalu percaya dan memberikan doa, dukungan, semangat, dan motivasinya terhadap penulis.
7. Rekan seperjuangan satu proyek tugas akhir, Rehan Ardika Akbar atas kerja sama dan diskusi selama ini, serta sinergi dalam mengembangkan keseluruhan integrasi sistem smart *rotary parking* ini.
8. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi angkatan 2022, khususnya teman-teman seperjuangan yang senantiasa bertukar gagasan, saling menguatkan, dan menemani proses perakitan di laboratorium maupun di lapangan.
9. Seluruh anggota Gangsal Ewu, Cataim, SEC 2023, DDUDDU, Punksari 2025.
10. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam proses penyusunan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih memiliki kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas segala kesalahan yang mungkin terjadi, baik dalam sikap maupun perkataan, baik yang disengaja maupun tidak disengaja. Penulis berharap laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, terutama bagi penulis sendiri. Saran dan masukan dari pembaca sangat dihargai dan akan menjadi bahan perbaikan di masa mendatang.

Semarang, 24 September 2026  
Yang Membuat Pernyataan,

  
Muhammad Bayu Satrio Wiriadinata  
NIM. 40040322650016

## DAFTAR ISI

|                                                                           |      |
|---------------------------------------------------------------------------|------|
| LAPORAN TUGAS AKHIR .....                                                 | ii   |
| HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR .....                              | iii  |
| SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....                                     | iv   |
| KATA PENGANTAR.....                                                       | v    |
| DAFTAR ISI .....                                                          | vii  |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                       | xi   |
| DAFTAR TABEL.....                                                         | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                                     | xiv  |
| ABSTRAK .....                                                             | xv   |
| ABSTRACT .....                                                            | xvi  |
| DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL.....                                          | xvii |
| BAB I .....                                                               | 1    |
| PENDAHULUAN .....                                                         | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....                                                  | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                                 | 4    |
| 1.3 Tujuan Tugas Akhir .....                                              | 4    |
| 1.4 Manfaat Tugas Akhir .....                                             | 4    |
| 1.5 Batasan Masalah.....                                                  | 5    |
| 1.6 Sistematika Tugas Akhir.....                                          | 5    |
| BAB II.....                                                               | 7    |
| DASAR TEORI .....                                                         | 7    |
| 2.1 Tinjauan Pustaka.....                                                 | 7    |
| 2.2 <i>Rotary Parking</i> .....                                           | 9    |
| 2.3 Metode Logika Kondisional (Rule-Based System).....                    | 11   |
| 2.4 Struktur Data <i>Memory Array</i> (SRAM).....                         | 13   |
| 2.5 Memori Non-Volatile <i>Storage</i> (NVS) dan Pustaka Preferences..... | 15   |
| 2.6 Formulasi Matematika Pengujian dan Analisis Statistik.....            | 16   |
| 2.6.1 Persentase Kesalahan (Percentage Error).....                        | 16   |

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.6.2 Nilai Rata-rata (Mean) .....                                     | 17 |
| 2.6.3 Standar Deviasi (Standar Deviation – SD) .....                   | 17 |
| 2.6.5 Koefisien Variasi (Coefficient of Variation – CV).....           | 17 |
| 2.6.6 Rentan Relatif (Relative Range – RR).....                        | 17 |
| 2.7 Mikrokontroler ESP32 .....                                         | 17 |
| 2.8 Radio Frequency Identification (RFID) .....                        | 20 |
| 2.9 Motor Servo.....                                                   | 22 |
| 2.10 Power Supply .....                                                | 25 |
| 2.11 Liquid Crystal Display (LCD).....                                 | 26 |
| 2.12 MIT App Inventor .....                                            | 28 |
| 2.13 Protokol Komunikasi Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) .. | 30 |
| 2.14 Step-down Converter LM2596.....                                   | 32 |
| 2.15 Organic Light Emitting Diode (OLED) SSD1306 .....                 | 33 |
| 2.16 Arduino IDE .....                                                 | 35 |
| 2.17 Protokol Komunikasi UART .....                                    | 36 |
| BAB III .....                                                          | 37 |
| METODE PENELITIAN.....                                                 | 37 |
| 3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian.....                               | 37 |
| 3.2 Blok Diagram dan Flowchart .....                                   | 38 |
| 3.2.1 Blok Diagram.....                                                | 38 |
| 3.2.2 Flowchart .....                                                  | 41 |
| 3.3 Gambar 3D .....                                                    | 43 |
| 3.4 Spesifikasi dan Fitur Alat .....                                   | 47 |
| 3.4.1 Spesifikasi.....                                                 | 47 |
| 3.4.2 Fitur.....                                                       | 48 |
| 3.5 Teknik Fabrikasi .....                                             | 49 |
| 3.5.1 Perancangan Perangkat Keras.....                                 | 50 |
| 3.5.2 Perancangan Elektrikal .....                                     | 54 |
| 3.5.2.1 Perancangan Desain Sistem Elektrikal.....                      | 54 |
| 3.5.2.2 Pembuatan PCB .....                                            | 55 |
| 3.5.3 Perancangan Perangkat Lunak.....                                 | 56 |
| 3.5.3.1 Flowchart Sistem dan Tampilan Aplikasi.....                    | 56 |

|                       |                                                                                              |    |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.5.3.2               | Arsitektur Komunikasi MQTT dan Skema Pertukaran Data .....                                   | 59 |
| 3.5.3.3               | Blok Program Inisialisasi Koneksi MQTT .....                                                 | 62 |
| 3.5.3.4               | Blok Program Manajemen Status Koneksi dan Subskripsi Topik .....                             | 62 |
| 3.5.3.5               | Blok Program Deklarasi Variabel Global.....                                                  | 63 |
| 3.5.3.6               | Blok Program Parsing Data JSON dan Pembaruan Indikator Utama .....                           | 64 |
| 3.5.3.7               | Blok Program Evaluasi Status Array Slot Parkir .....                                         | 65 |
| 3.5.3.8               | Blok Program Pemulihan Koneksi Otomatis / Auto-Reconnect ...                                 | 66 |
| 3.5.3.9               | Program Inisialisasi Hardware dan Protokol Komunikasi (MASTER).....                          | 67 |
| 3.5.3.10              | Program Algoritma Pembacaan RFID dan Pengolahan Tap Kartu .....                              | 68 |
| 3.5.3.11              | Program Pembaruan Indikator Fisik Lokal (LCD 16x2 I2C dan OLED Display SSD1306).....         | 70 |
| 3.5.3.12              | Program Logika Pengambilan Keputusan (Rule-Based Check-In dan Check-Out).....                | 71 |
| 3.5.3.13              | Program Telemetry IoT dan Transmisi Data JSON MQTT .....                                     | 72 |
| 3.5.3.14              | Program Inisialisasi Aktuator dan Penerimaan Pesan Serial UART (SLAVE).....                  | 73 |
| 3.5.3.15              | Program Eksekusi Kontrol Palang Pintu (Servo <i>Gate In</i> dan Servo <i>Gate Out</i> )..... | 74 |
| 3.5.3.16              | Program Setup Inisialisasi Sistem NVS.....                                                   | 75 |
| 3.5.3.17              | Program Sinkronisasi Array dan Posisi Mekanik ke NVS.....                                    | 76 |
| 3.5.3.18              | Program <i>Reset</i> Sistem dan <i>Homing</i> Mekanik via Kartu Admin..                      | 77 |
| 3.5.4                 | Implementasi Manajemen Memori Persisten Berbasis <i>Non-Volatile Storage</i> (NVS) .....     | 79 |
| BAB IV                | .....                                                                                        | 81 |
| PENGUJIAN DAN ANALISA | .....                                                                                        | 81 |
| 4.1                   | Pengujian Komponen .....                                                                     | 81 |
| 4.1.1                 | Pengujian Power Supply 12V – 10A dan Buck Converter LM2596 ....                              | 81 |
| 4.1.2                 | Pengujian Modul RFID RC522 .....                                                             | 85 |
| 4.1.3                 | Pengujian Motor Servo .....                                                                  | 88 |
| 4.1.4                 | Pengujian LCD 16x2 .....                                                                     | 91 |

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.5 Pengujian OLED SSD1306 .....                                                                            | 93  |
| 4.1.6 Pengujian Komunikasi MQTT Latensi <i>End-to-End</i> dan UART Master<br>(ESP32 V1) Slave (ESP32 V4)..... | 95  |
| 4.1.7 Pengujian Keberhasilan Transmisi Data ( <i>Publish Payload</i> JSON) ke<br><i>Broker</i> MQTT .....     | 98  |
| 4.2. Pengujian Keseluruhan Sistem .....                                                                       | 100 |
| 4.2.1 Pengujian Proses Gate In dan Gate Out.....                                                              | 100 |
| 4.2.2 Pengujian Kondisi Parkir Penuh .....                                                                    | 104 |
| 4.2.3 Pengujian Durasi Parkir .....                                                                           | 106 |
| 4.2.4 Pengujian Validasi Slot Parkir .....                                                                    | 109 |
| 4.2.5 Pengujian Pemulihan Data (NVS) terhadap Pemutusan Daya Mendadak<br>.....                                | 110 |
| BAB V .....                                                                                                   | 113 |
| PENUTUP.....                                                                                                  | 113 |
| 5.1 Kesimpulan.....                                                                                           | 113 |
| 5.2 Saran .....                                                                                               | 114 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                                                          | 116 |
| LAMPIRAN.....                                                                                                 | 121 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 <i>Rotary Parking</i> [36] .....                                                                  | 10 |
| Gambar 2. 2 Visualisasi alokasi memory .....                                                                  | 14 |
| Gambar 2. 3 Mikrokontroller ESP32 [37].....                                                                   | 18 |
| Gambar 2. 4 RFID RC522 [38].....                                                                              | 21 |
| Gambar 2. 5 Motor Servo SG90 [39].....                                                                        | 23 |
| Gambar 2. 6 Power Supply 12V 10V [40].....                                                                    | 25 |
| Gambar 2. 7 Liquid Crystal Display I2C [41] .....                                                             | 27 |
| Gambar 2. 8 Program MIT App Inventor .....                                                                    | 29 |
| Gambar 2. 9 Arsitektur komunikasi MQTT [42] .....                                                             | 31 |
| Gambar 2. 10 Step-Down Converter LM2596 [43] .....                                                            | 32 |
| Gambar 2. 11 OLED SSD1306 [44] .....                                                                          | 34 |
| Gambar 2. 12 Dashboard Arduino IDE.....                                                                       | 35 |
| Gambar 2. 13 Arsitektur komunikasi UART [45] .....                                                            | 36 |
| Gambar 3. 1 Diagram alur proses perancangan .....                                                             | 38 |
| Gambar 3. 2 Diagram blok sistem .....                                                                         | 39 |
| Gambar 3. 3 Flowchart sistem .....                                                                            | 41 |
| Gambar 3. 4 Dimensi 3D alat.....                                                                              | 44 |
| Gambar 3. 5 Ukuran alat .....                                                                                 | 45 |
| Gambar 3. 6 Penempatan komponen alat.....                                                                     | 46 |
| Gambar 3. 7 Kayu rangka utama.....                                                                            | 51 |
| Gambar 3. 8 keranjang parkir.....                                                                             | 52 |
| Gambar 3. 9 Lengan keranjang parkir.....                                                                      | 52 |
| Gambar 3. 10 Rangka utama alat .....                                                                          | 53 |
| Gambar 3. 11 Rangkaian skematik alat.....                                                                     | 54 |
| Gambar 3. 12 Desain PCB .....                                                                                 | 56 |
| Gambar 3. 13 Flowchart sistem HMI.....                                                                        | 57 |
| Gambar 3. 14 Tampilan aplikasi .....                                                                          | 58 |
| Gambar 3. 15 Arsitektur Komunikasi MQTT .....                                                                 | 59 |
| Gambar 3. 16 Blok program koneksi .....                                                                       | 62 |
| Gambar 3. 17 Blok program manajemen .....                                                                     | 63 |
| Gambar 3. 18 Blok program deklarasi .....                                                                     | 63 |
| Gambar 3. 19 Blok program parsing data dan indikator.....                                                     | 64 |
| Gambar 3. 20 Blok program evaluasi status .....                                                               | 65 |
| Gambar 3. 21 Blok program pemulihan.....                                                                      | 66 |
| Gambar 4. 1 Pengujian tegangan power supply (a) tanpa beban dan (b) dengan beban .....                        | 82 |
| Gambar 4. 2 Pengujian tegangan modul LM2596 .....                                                             | 84 |
| Gambar 4. 3 Pengujian tegangan <i>output</i> (a) kondisi <i>idle</i> (b) kondisi tap.....                     | 86 |
| Gambar 4. 4 Pengujian sudut motor servo <i>gate in</i> (a) posisi tertutup 0° dan (b) posisi terbuka 90°..... | 88 |

|                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4. 5 Pengujian sudut motor servo <i>gate out</i> (a) posisi tertutup 180° dan (b) posisi terbuka 90° ..... | 90  |
| Gambar 4. 6 Pengujian kondisi LCD 16x2 (a) idle, (b) mencari slot kosong.....                                     | 91  |
| Gambar 4. 7 Pengujian kondisi LCD 16x2 (a) slot terisi lanjut mencari dan (b) berhasil masuk.....                 | 92  |
| Gambar 4. 8 Pengujian kondisi LCD 16x2 (a) menjemput dan (b) berhasil keluar .....                                | 92  |
| Gambar 4. 9 Pengujian LCD 16x2 kondisi parkir penuh.....                                                          | 93  |
| Gambar 4. 10 Pengujian kondisi (a) 1 slot kosong dan (b) 2 slot kosong.....                                       | 94  |
| Gambar 4. 11 Pengujian kondisi (a) 3 slot kosong dan (b) 4 slot kosong.....                                       | 94  |
| Gambar 4. 12 Pengujian kondisi (a) 5 slot kosong dan (b) seluruh slot terisi .....                                | 95  |
| Gambar 4. 13 Pengujian latensi lokal dan aplikasi .....                                                           | 96  |
| Gambar 4. 14 Pengujian komunikasi uart .....                                                                      | 98  |
| Gambar 4.15 Hasil rekaman Serial Monitor pada proses transmisi payload MQTT saat Check-In.....                    | 99  |
| Gambar 4. 16 Hasil aplikasi pengujian gate in .....                                                               | 101 |
| Gambar 4. 17 Hasil pengujian aplikasi gate out .....                                                              | 102 |
| Gambar 4. 18 Hasil aplikasi pengujian skenario parkir penuh .....                                                 | 104 |
| Gambar 4. 19 Latensi skenario parkir penuh .....                                                                  | 105 |
| Gambar 4. 20 Hasil pengujian komparasi durasi parkir.....                                                         | 107 |
| Gambar 4. 21 Hasil pengujian akurasi posisi slot.....                                                             | 109 |
| Gambar 4. 22 Pengujian Keandalan NVS Terhadap Pemutusan Daya .....                                                | 111 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka .....                                                            | 7   |
| Tabel 2. 2 Spesifikasi ESP32 .....                                                           | 18  |
| Tabel 2. 3 Spesifikasi RFID RC522 .....                                                      | 21  |
| Tabel 2. 4 Spesifikasi Motor Servo SG90 .....                                                | 23  |
| Tabel 2. 5 Spesifikasi Power Supply .....                                                    | 25  |
| Tabel 2.6 Spesifikasi LCD 16x2 I2C .....                                                     | 27  |
| Tabel 2.7 Karakteristik mit app inverter .....                                               | 29  |
| Tabel 2.8 Spesifikasi LM2596 .....                                                           | 32  |
| Tabel 2.9 Spesifikasi OLED SSD1306 .....                                                     | 34  |
| Tabel 3.1 Spesifikasi rancang bangun alat .....                                              | 47  |
| Tabel 3.2 Spesifikasi komponen .....                                                         | 48  |
| Tabel 3.3 Fitur pada alat.....                                                               | 49  |
| Tabel 3.4 Teknik fabrikasi .....                                                             | 50  |
| Tabel 3.5 Konfigurasi pin.....                                                               | 55  |
| Tabel 3.6 Potongan Program Inisialisasi Hardware dan Protokol Komunikasi ....                | 67  |
| Tabel 3. 7 Potongan Program Algoritma Pembacaan RFID dan Pengolahan Tap<br>Kartu.....        | 68  |
| Tabel 3.8 Potongan Program Pembaruan Indikator Fisik Lokal .....                             | 70  |
| Tabel 3.9 Potongan Program Logika Pengambilan Keputusan.....                                 | 71  |
| Tabel 3.10 Potongan Program Telemetri IoT dan Transmisi Data JSON MQTT .                     | 72  |
| Tabel 3. 11 Potongan Program Inisialisasi Aktuator dan Penerimaan Pesan Serial<br>UART ..... | 73  |
| Tabel 3.12 Potongan Program Eksekusi Kontrol Palang Pintu.....                               | 74  |
| Tabel 3. 13 Potongan Program Setup Inisialisasi Sistem NVS .....                             | 75  |
| Tabel 3. 14 Potongan Program Sinkronisasi Array dan NVS .....                                | 76  |
| Tabel 3. 15 Potongan Program Reset Sistem dan Homing .....                                   | 77  |
| Tabel 4.1 Pengujian power supply tanpa beban .....                                           | 82  |
| Tabel 4.2 Pengujian power supply dengan beban .....                                          | 83  |
| Tabel 4.3 Hasil tegangan modul LM2596.....                                                   | 84  |
| Tabel 4.4 Pengujian tegangan output RFID .....                                               | 86  |
| Tabel 4.5 Pengujian akurasi sudut motor servo gate in.....                                   | 88  |
| Tabel 4.6 Pengujian akurasi sudut perintah motor servo gate out.....                         | 90  |
| Tabel 4. 7 Pengujian latensi komunikasi mqtt .....                                           | 96  |
| Tabel 4. 8 Pengujian skenario gate in.....                                                   | 101 |
| Tabel 4. 9 Pengujian skenario gate out.....                                                  | 103 |
| Tabel 4. 10 Pengujian skenario parkir penuh .....                                            | 105 |
| Tabel 4. 11 Komparasi durasi parkir dan stopwatch .....                                      | 107 |
| Tabel 4. 12 Pengujian akurasi posisi slot parkir.....                                        | 109 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 1. Program Mikrokontroller ESP32 MASTER.....  | 121 |
| Lampiran 2. Program Mikrokontroller ESP32 SLAVE .....  | 134 |
| Lampiran 3. Program MIT App Invertor.....              | 138 |
| Lampiran 4. Pengujian Power Supply.....                | 141 |
| Lampiran 5. Pengujian RFID RC522.....                  | 142 |
| Lampiran 6. Pengujian Motor Servo SG90.....            | 146 |
| Lampiran 7. Pengujian Proses Gate In dan Gate Out..... | 149 |
| Lampiran 8. Pengujian Durasi Parkir.....               | 156 |
| Lampiran 9. Pengujian Validasi Slot Parkir .....       | 158 |
| Lampiran 10. Pengujian Latensi End-to-End.....         | 159 |
| Lampiran 11. Dokumentasi Proses Pembuatan Alat .....   | 162 |
| Lampiran 12. Datasheet Komponen.....                   | 164 |

## ABSTRAK

### **RANCANG BANGUN SISTEM *GATE* MENGGUNAKAN SENSOR RFID DAN *HUMAN MACHINE INTERFACE* (HMI) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT) PADA *PROTOTYPE SMART ROTARY PARKING***

Muhammad Bayu Satria Wiriadinata

Teknologo Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Keterbatasan lahan parkir konvensional dan kebutuhan sistem pelayanan kendaraan yang otomatis mendorong perlunya solusi parkir vertikal yang efisien dan terpantau secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem gerbang otomatis berbasis sensor RFID RC522 dan *Human Machine Interface* (HMI) pada *prototype Smart Rotary Parking* berkapasitas 5 slot. Sistem menggunakan dua unit ESP32 (Master-Slave) sebagai pengendali utama, modul RFID RC522 untuk identifikasi kendaraan, motor servo SG90 sebagai aktuator palang gerbang masuk dan keluar, mekanik *rotary* dengan sensor Hall sebagai penentu posisi slot, LCD 16x2 dan OLED sebagai antarmuka visual lokal, serta protokol komunikasi MQTT menuju aplikasi HMI berbasis Android untuk pemantauan status parkir secara *real-time*. Pengujian dilakukan pada tingkat komponen maupun integrasi keseluruhan sistem, meliputi akurasi pembacaan RFID, ketepatan sudut aktuator servo, validasi posisi slot, serta latensi komunikasi data. Hasil pengujian menunjukkan jangkauan baca efektif RFID mencapai 4,5 cm, akurasi sudut motor servo dan validasi posisi slot mencapai tingkat keberhasilan 100% pada seluruh percobaan, latensi komunikasi MQTT tercatat rata-rata 243,03 ms dengan koefisien variasi 8,51%, serta akurasi pewaktuan durasi parkir dengan *error* rata-rata sebesar 0,68% terhadap pengukuran acuan. Dengan demikian, sistem yang dirancang mampu mengelola proses *check-in*, *check-out*, dan pemantauan slot parkir secara otomatis, akurat, dan terintegrasi secara *real-time* pada *prototype Smart Rotary Parking*.

**Kata kunci:** Smart Rotary Parking, RFID, Internet of Things, Human Machine Interface, MQTT

## ABSTRACT

### **RANCANG BANGUN SISTEM *GATE* MENGGUNAKAN SENSOR RFID DAN *HUMAN MACHINE INTERFACE* (HMI) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT) PADA *PROTOTYPE SMART ROTARY PARKING***

Muhammad Bayu Satria Wiriadinata

Teknologo Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

The limited availability of conventional parking space and the need for an automated vehicle service system have driven the demand for an efficient, real-time monitored vertical parking solution. This study aims to design and implement an automatic gate system based on the RC522 RFID sensor and a Human Machine Interface (HMI) on a 5-slot Smart Rotary Parking prototype. The system uses two ESP32 units (Master-Slave) as the main controller, an RC522 RFID module for vehicle identification, SG90 servo motors as actuators for the entry and exit gate barriers, a rotary mechanism equipped with a Hall sensor to determine slot position, a 16x2 LCD and OLED as local visual interfaces, and the MQTT communication protocol connected to an Android-based HMI application for real-time parking status monitoring. Testing was conducted at both the component level and the integrated system level, covering RFID reading accuracy, servo actuator angle precision, slot position validation, and data communication latency. The test results show that the effective RFID reading range reached 4.5 cm, the servo angle accuracy and slot position validation achieved a 100% success rate across all trials, the MQTT communication latency averaged 243.03 ms with a coefficient of variation of 8.51%, and the parking duration timestamp accuracy achieved an average error of 0.68% relative to the reference measurement. Thus, the designed system is able to automatically, accurately, and reliably manage the check-in, check-out, and parking slot monitoring processes in real time on the Smart Rotary Parking prototype.

**Keywords:** Smart Rotary Parking, RFID, Internet of Things, Human Machine Interface, MQTT.

## DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

| Singkatan | Keterangan                          | Deskripsi                                                       |
|-----------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| ADC       | Analog to Digital Converter         | Pengonversi sinyal sinyal analog menjadi data digital.          |
| CV        | Coefficient of Variation            | Koefisien variasi untuk mengukur presisi relatif pengujian (%). |
| GPIO      | General Purpose <i>Input/Output</i> | Pin pin digital pada mikrokontroler untuk <i>input/output</i> . |
| I2C       | Inter-Integrated Circuit            | Protokol komunikasi serial dua jalur (SDA & SCL).               |
| LCD       | Liquid Crystal Display              | Tampilan kristal cair penampil karakter teks.                   |
| LED       | Light Emitting Diode                | Komponen dioda pemancar cahaya penunjuk indikator.              |
| MQTT      | Message Queuing Telemetry Transport | Protokol komunikasi ringan <i>publish-subscribe</i> IoT.        |
| OLED      | Organic Light Emitting Diode        | Tampilan grafik berbasis dioda organik.                         |
| PWM       | Pulse Width Modulation              | Teknik modulasi lebar pulsa untuk kontrol daya dan servo.       |
| RFID      | Radio Frequency Identification      | Teknologi identifikasi berbasis frekuensi radio.                |

| RR                 | Relative Range                                                  | Rentang relatif sebaran data pengujian (%).                       |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| SD                 | Standard Deviation                                              | Standar deviasi untuk mengukur sebaran data pengujian.            |
| SPI                | Serial Peripheral Interface                                     | Protokol komunikasi bus serial sinkron untuk sensor RFID.         |
| UART               | Universal Asynchronous Receiver-Transmitter                     | Protokol komunikasi serial asinkron antar mikrokontroler (TX/RX). |
| UID                | Unique Identifier                                               | Kode identitas unik pada <i>tag</i> atau kartu RFID.              |
| Simbol             | Definisi                                                        | Satuan                                                            |
| $DC$               | Nilai persentase <i>Duty Cycle</i> sinyal PWM                   | Persen (%)                                                        |
| Error              | Persentase kesalahan pembacaan atau pengukuran sistem           | Persen (%)                                                        |
| $f$                | Frekuensi sinyal pulsa modulasi                                 | Hertz (Hz)                                                        |
| $I_{\text{total}}$ | Total arus listrik yang dikonsumsi oleh seluruh komponen sistem | milliAmpere (mA) / Ampere (A)                                     |
| $N$                | Jumlah total sampel pengujian atau frekuensi pengulangan        | -                                                                 |
| $t_{\text{ON}}$    | Durasi logika <i>high</i> (aktif) dalam satu periode PWM        | Milidetik (ms) / Mikrodetik ( $\mu\text{s}$ )                     |

|                    |                                                                      |                                                  |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| $t_{\text{total}}$ | Durasi total satu siklus gelombang pulsa PWM<br>( $T$ )              | Milidetik (ms) /<br>Mikrodetik ( $\mu\text{s}$ ) |
| $V_{\text{in}}$    | Tegangan masukan daya<br>( <i>input voltage</i> ) ke dalam rangkaian | Volt (V)                                         |
| $V_{\text{out}}$   | Tegangan keluaran daya<br>( <i>output voltage</i> ) regulator        | Volt (V)                                         |
| $x_i$              | Nilai data hasil pengujian pada sampel ke- $i$                       | Sesuai Variabel                                  |
| $x_{\text{acuan}}$ | Nilai variabel acuan baku ( <i>reference value</i> )                 | Sesuai variabel                                  |
| $\bar{x}$          | Nilai rata-rata ( <i>mean</i> ) dari keseluruhan sampel pengujian    | Sesuai variabel                                  |
| $x_{\text{max}}$   | Nilai data pengukuran maksimum dari sekumpulan sampel data           | Sesuai variabel                                  |
| $x_{\text{min}}$   | Nilai data pengukuran minimum dari sekumpulan sampel data            | Sesuai variabel                                  |
| $\sum$             | Operasi penjumlahan matematis ( <i>summation</i> )                   | -                                                |

---