

**Perancangan *Prototype Rotary Parking System* Berbasis ESP32 dengan
Deteksi Slot Menggunakan ESP32-CAM dan Sensor *Hall Effect***

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:

Rehan Ardika Akbar
40040322650044

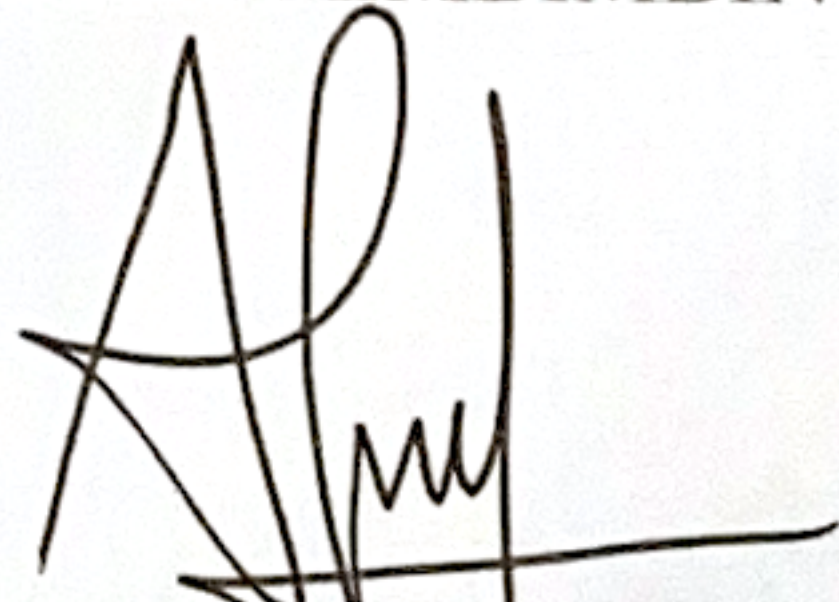
**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
OTOMASI DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026**

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

**Perancangan *Prototype Rotary Parking System* Berbasis ESP32 dengan
Deteksi Slot Menggunakan ESP32-CAM dan Sensor *Hall Effect***

Diajukan oleh :
Rehan Ardika Akbar
40040322650044

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA DENGAN BAIK OLEH
DOSEN PEMBIMBING,



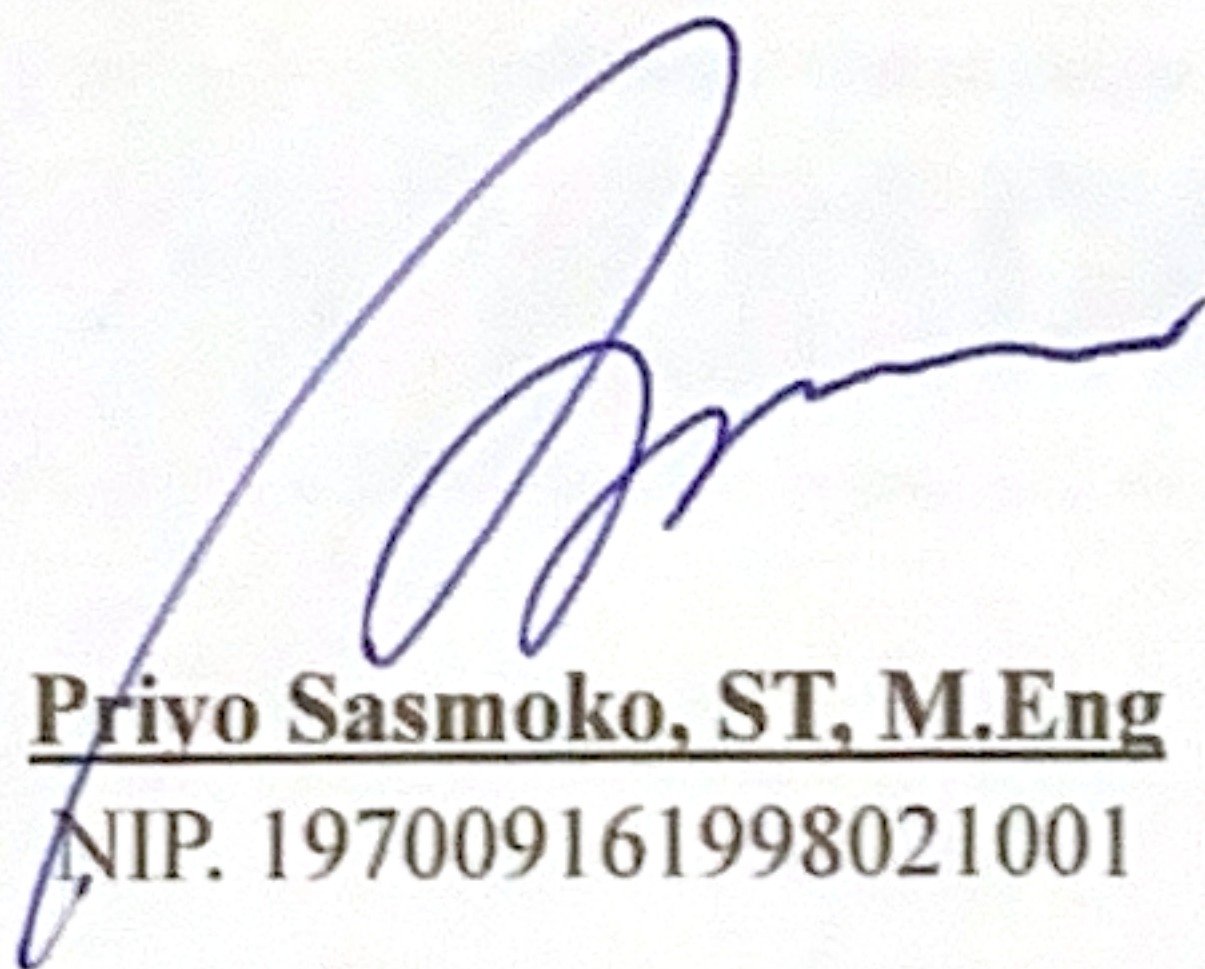
Ahmad Ridlo Hanifudin Tahier S.Si., M.Si.
NPPU H.7.199504152022041001

Semarang, 24 September 2026

Mengetahui

Ketua

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



Priyo Sasmoko, ST, M.Eng
NIP. 197009161998021001

Semarang, 24 September 2026

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR
Perancangan *Prototype Rotary Parking System* Berbasis ESP32 dengan
Deteksi Slot Menggunakan ESP32-CAM dan Sensor *Hall Effect*

Disusun oleh:

Rehan Ardika Akbar

40040322650044

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji

24 September 2026

Tim penguji,

Dosen Pembimbing



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

NPPU H.7.199504152022041001

Penguji 1

Penguji 2



Aulia Istiqomah SST., M.T.

NIP. 199306122024062002



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 Sasmitoko, S.T., M.Eng

NIP. 197009161998021001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rehan Ardika Akbar
NIM : 40040322650044
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Judul Tugas Akhir : **Perancangan *Prototype Rotary Parking System* Berbasis ESP32 dengan Deteksi Slot Menggunakan ESP32-CAM dan Sensor *Hall Effect***

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



Rehan Ardika Akbar,

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. atas limpahan rahmat, taufik, serta kemudahan yang senantiasa menyertai, sehingga naskah Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Perancangan *Prototype Rotary Parking System* Berbasis ESP32 dengan Deteksi Slot Menggunakan ESP32-CAM dan Sensor *Hall Effect*” dapat diselesaikan dengan baik. Laporan ini disusun guna memenuhi sebagian persyaratan akademis dalam meraih gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro. Keberhasilan perancangan alat dan penyusunan tugas akhir ini tentu tidak lepas dari bimbingan, dorongan, serta bantuan berharga dari banyak pihak. Dengan rasa hormat dan penuh kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang mendalam 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. Kedua orang tua tercinta 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. Rekan seperjuangan satu proyek tugas akhir, Bayu Satria atas kerja sama dan diskusi selama ini, serta sinergi dalam mengembangkan keseluruhan

integrasi sistem *smart rotary parking* ini.

7. 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.
8. Kepada teman teman serta sahabat yang telah meminjamkan serta memberikan komponen yang dapat menunjang keberhasilan tugas akhir saya.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan kontribusi, bantuan fasilitas, maupun semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
INTISARI.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL.....	xv
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
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Sistematika Tugas akhir	5
BAB II DASAR TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2. Rotary Parking System.....	7
2.3 Kinematika Perpindahan Posisi Slot pada Rotary Parking	9
2.4. Mikrokontroler ESP32	10
2.5. Modul ESP32-CAM.....	13
2.6. Sensor Hall Effect	15
2.7. Motor DC	16
2.8. Driver L298N Motor	20
2.9. Power Supply	23
2.10. Step Down LM2596	25
2.11. Kapasitor Elektrolit.....	27
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
3.1. Jenis dan pendekatan Penelitian	29
3.2. Blok Diagram	31
3.3. Perancangan Elektrikal	33
3.4. Perancangan Mekanik	35
3.4.1 Realisasi Kerangka dan Mekanik Rotary.....	36

3.4.2 Realisasi Modul Visi ESP32-CAM.....	38
3.4.3 Realisasi Penempatan Sensor Hall Effect dan Magnet.....	39
3.4.4 Realisasi Panel Kelistrikan dan Pengkabelan (Box Kontrol)	40
3.5 Hasil Perancangan Program Pada Alat	40
3.5.1 Konfigurasi Pin	41
3. 5. 2. Implementasi Program Smart Rotary Parking	42
3.6. Metode Pemrosesan Citra pada ESP32-CAM.....	46
3.7. Arsitektur Komunikasi Serial (Master, Slave, dan ESP32-CAM).....	48
3.8. Alur Kerja Sistem	50
3.8.1 Alur Kerja <i>Image Processing</i>	50
3.8.2 Alur Kerja <i>Tap in</i>	53
3.8.3 Alur Kerja <i>Tap out</i>	55
3.9. Gambar 3D	58
3.10. Spesifikasi dan Fitur.....	60
3.11. Fitur.....	62
3.12. Teknik Pabrikasi	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	65
4.1 Prosedur Pengukuran dan Pengujian	65
4.2 Pengujian Alat	65
4.2.1 Pengujian Power Supply 12 VDC - 10A	66
4. 2. 2. Pengujian Step Down LM2596.....	68
4. 2. 3. Pengujian Sensor Hall Effect.....	70
4. 2. 4. Pengujian Driver L298N dan Motor DC 12V	72
4.2.5. Pengujian Modul ESP32-CAM (Image Processing)	76
4.3 Pengujian Komunikasi Serial Antar-Mikrokontroler	84
4.3.1 Pengujian Komunikasi Serial ESP32 Cam ke ESP32 Master	85
4.3.2 Pengujian Komunikasi Serial ESP32 Master ke ESP32 Slave	86
4.4 Analisis Efek Inersia dan Jeda Penstabilan Mekanik (Settle Time)	87
4.5 Pengujian Integrasi Sistem Keseluruhan	88
4.5.1 Pengujian Siklus Penyimpanan (Tap-in).....	88
4.5.2 Pengujian Siklus Pengambilan (Tap-out)	89

4.5.3 Pengujian Kinerja Sistem Berdasarkan Skenario Operasi	91
BAB V PENUTUP	106
5.1 Kesimpulan.....	106
5.2 Saran.....	107
DAFTAR PUSTAKA	108
LAMPIRAN.....	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mekanisme <i>Rotary Parking</i> vertikal	7
Gambar 2. 2 Penomoran posisi slot	9
Gambar 2. 3 Mikrokontroler ESP32 DevKit V4.....	11
Gambar 2. 4 ESP32-CAM AI-Thinker OV2640.....	13
Gambar 2. 5 Hall effect Sensor A3144	15
Gambar 2. 6 Motor DC Gearbox JG25-370.....	17
Gambar 2. 7 Driver L298N	21
Gambar 2. 8 <i>Power Supply</i> 12V 10A.....	24
Gambar 2. 9 Step Down LM2596	26
Gambar 2. 10 Kapasitor Elektrolit 1000 μ F 50v.....	27
Gambar 2. 11 Hasil dari metode ROI.....	47
Gambar 3. 1 Diagram Alur Proses Perancangan	30
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem	31
Gambar 3. 3 Rangkaian Skematik Alat.....	34
Gambar 3. 4 Posisi Slot pada posisi awal	35
Gambar 3. 5 Realisasi prototipe	37
Gambar 3. 6 Penempatan angle kamera dan background	38
Gambar 3. 7 Penempatan Magnet	39
Gambar 3. 8 Komunikasi Master Slave antar ESP32	48
Gambar 3. 9 Flowchart sistem	54
Gambar 3. 10 Komponen Pada Alat.....	59
Gambar 3. 11 Detil Proyeksi	59
Gambar 3. 12 Proyeksi 3D.....	60
Gambar 4. 1 Pengujian tegangan power supply (a) tanpa beban, (b) <i>standby</i> , dan (c) dengan beban	66
Gambar 4. 2 Pengujian Vout Modul Step-Down (a) tanpa beban, (b) Keadaan Standby, dan (c) dengan beban.....	69
Gambar 4. 3 Pengujian jarak pada Hall Effect Sensor (a) magnet didekatkan dan (b) magnet dijauhkan.....	71

Gambar 4. 4 Pengukuran RPM motor (a) dengan PWM 128, (b) dengan PWM 160, dan (c) dengan PWM 255	73
Gambar 4. 5 Pengukuran Tegangan Motor (a) dengan PWM 128, (b) dengan PWM 160, dan (c) dengan PWM 255	74
Gambar 4. 6 Hasil pengiriman data ke ESP Master	76
Gambar 4. 7 Tampilan serial monitor Nilai pengujian.....	81
Gambar 4. 8 Grafik sekenario perpindahan berurutan durasi rotary.....	95
Gambar 4. 9 Sekenario perpindahan Acak durasi rotary.....	98
Gambar 4. 10 Grafik skenario perpindahan berurutan tap out.....	101
Gambar 4. 11 Sekenario perpindahan acak Total durasi rotary Tap out	104

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino	11
Tabel 2. 2 Spesifikasi ESP32-CAM	14
Tabel 2. 3 Spesifikasi Hall effect Sensor A3144	16
Tabel 2. 4 Spesifikasi Motor DC Gearbox JG25-370	17
Tabel 2. 5 Spesifikasi Driver L298N.....	22
Tabel 2. 6 Spesifikasi <i>Power Supply</i> 12V	24
Tabel 2. 7 Spesifikasi Step Down LM2596	26
Tabel 2. 8 Spesifikasi Kapasitor Elektrolit 1000 μ F 50V	28
Tabel 3. 1 Daftar komponen rangkaian skematik.....	34
Tabel 3. 2 Konfigurasi Pin	41
Tabel 3. 3 Logika Dasar Program Master	42
Tabel 3. 4 Logika Dasar Program Slave.....	44
Tabel 3. 5 Logika Dasar Program ESP32 CAM	44
Tabel 3. 6 Arsitektur komunikasi sistem.....	49
Tabel 3. 7 Spesifikasi Rancang Bangun Alat	61
Tabel 3. 8 Spesifikasi Komponen Lengkap.....	61
Tabel 3. 9 Fitur pada Alat.....	62
Tabel 3. 10 Alat dan Bahan Teknik Pabrikasi	63
Tabel 4. 1 Pengujian <i>Vout Power Supply</i> tanpa beban	67
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Tegangan Modul Step-Down LM2596	69
Tabel 4. 3 Pengujian Hall Effect Sensor	71
Tabel 4. 4 Pengujian Motor dan Driver.....	74
Tabel 4. 5 Pengujian Deteksi Visual Cahaya ESP32-CAM	77
Tabel 4. 6 Hasil gambar dari metode Grayscale dan Thresholding	79
Tabel 4. 7 Pengujian warna pada kendaraan	81
Tabel 4. 8 Hasil dari metode ROI.....	83
Tabel 4. 9 Hasil pengujian komunikasi ESP32 Cam ke ESP Master	85
Tabel 4. 10 Hasil pengujian komunikasi ESP32 Master ke ESP Slave.....	86
Tabel 4. 12 Pengujian Tahapan Tap in kendaraan	88
Tabel 4. 13 Pengujian Tahapan Tap out kendaraan	89

Tabel 4. 14 Percobaan pertama skenario <i>Tap in</i> Berurutan.....	92
Tabel 4. 15 Percobaan kedua skenario <i>Tap in</i> Berurutan	93
Tabel 4. 16 Percobaan pertama skenario <i>Tap in</i> Acak	96
Tabel 4. 17 Percobaan kedua skenario <i>Tap in</i> Acak.....	97
Tabel 4. 18 Percobaan pertama skenario <i>Tap out</i> berurutan	99
Tabel 4. 19 Percobaan kedua skenario <i>Tap out</i> berurutan.....	100
Tabel 4. 20 Percobaan pertama skenario <i>Tap out</i> acak	102
Tabel 4. 21 Percobaan ketiga skenario <i>Tap out</i> acak.....	103

INTISARI

Keterbatasan lahan parkir di kawasan perkotaan sering memicu antrean kendaraan dan inefisiensi waktu pencarian slot kosong. Penelitian tugas akhir ini bertujuan merancang dan merealisasikan prototipe Smart Rotary Parking System berbasis vertikal untuk mengoptimalkan ruang menggunakan kendali terdistribusi dua mikrokontroler (ESP32 Master dan Slave). Sistem ini mengintegrasikan modul ESP32-CAM untuk verifikasi visual ketersediaan slot kosong dan sensor magnetik Hall Effect IC A3144 sebagai pencacah langkah posisi (counter) keranjang parkir secara sekuensial. Pengolahan citra ringan dijalankan pada ESP32-CAM menggunakan metode inverted thresholding (nilai ambang 170) serta analisis kepadatan piksel gelap pada area Region of Interest ($ROI \geq 50\%$). Untuk mencegah kesalahan deteksi akibat getaran inersia keranjang gantung, diterapkan jeda penstabilan mekanik (settle time) selama 1,5 detik sebelum pengambilan gambar. Hasil pengujian menunjukkan prototipe berdimensi 63 cm × 43 cm × 48 cm dengan luas alas 27 meter persegi berhasil menampung 5 slot kendaraan miniatur. Pada siklus penyimpanan (Tap-in), total waktu pelayanan dari pemindaian RFID hingga pembukaan palang gerbang berkisar antara 8,97 detik hingga 23,20 detik. Pada siklus pengambilan (Tap-out), waktu penjemputan mobil berlangsung cepat antara 2,22 detik hingga 8,09 detik dengan rata-rata kecepatan mekanik sekitar 2,5 detik per langkah. Secara keseluruhan, sistem ini terbukti memangkas waktu pencarian ruang parkir dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan lahan secara otomatis.

Kata Kunci: *Rotary Parking System, ESP32, ESP32-CAM, Hall Effect, Sequential Control, Pengolahan Citra*

DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

Singkatan	Kepanjangan/Keterangan
AC	Alternating Current (Arus Bolak-Balik)
ADC	Analog-to-Digital Converter
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
BJT	Bipolar Junction Transistor
CPU	Central Processing Unit
DAC	Digital-to-Analog Converter
DC	Direct Current (Arus Searah)
ENA/ENB	Enable A / Enable B (Pin Kendali PWM Driver L298N)
ESP32	Espressif Systems 32-bit Microcontroller
GND	Ground (Titik Referensi Nol Volt / Pembumian)
GPIO	General Purpose Input/Output
I2C	Inter-Integrated Circuit
IC	Integrated Circuit
IN	Input (Pin Logika Arah Putaran Driver L298N)
IoT	Internet of Things
JSON	JavaScript Object Notation
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diode
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
OLED	Organic Light Emitting Diode
PWM	Pulse Width Modulation (Modulasi Lebar Pulsa)
QQVGA	Quarter Quarter Video Graphics Array (160 x 120 piksel)
QVGA	Quarter Video Graphics Array (320 x 240 piksel)
RAM	Random Access Memory
RFID	Radio Frequency Identification
RGB	Red, Green, Blue (Format Warna Citra Digital)
ROI	Region of Interest (Area Fokus Pemrosesan Citra)
RPM	Revolutions Per Minute (Putaran per Menit)
RST	Reset (Pin Inisialisasi Ulang Modul Perangkat Keras)
RX / RX2	Receiver (Jalur Penerima Komunikasi Serial UART)
SoC	System on Chip
SPI	Serial Peripheral Interface
SS	Slave Select (Pin Pemilih Jalur Bus SPI)

SRAM	Static Random Access Memory
TX / TX2	Transmitter (Jalur Pengirim Komunikasi Serial UART)
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
UID	Unique Identifier (Kode Unik Identitas Kartu RFID)
VCC	Voltage Common Collector (Rel Tegangan Positif Catu Daya)
VDC	Volt Direct Current (Satuan Tegangan Arus Searah)
VIN	Voltage Input (Tegangan Masukan Eksternal)

Simbol	Satuan/Dimensi	Keterangan
B_RP	mT / Gauss	Magnetic Release Point / Titik Ambang Pelepasan Medan Magnet
D	%	Duty Cycle Sinyal PWM / Persentase Lebar Pulsa Aktif
F	N	Gaya Beban Mekanik
g	m/s ²	Percepatan Gravitasi Bumi (9,8 m/s ²)
I	A / mA	Kuat Arus Listrik
I_out	A / mA	Kuat Arus Keluaran Beban
k	Nm/A	Konstanta Torsi Motor DC
m	kg	Massa Beban Struktur
N	RPM	Kecepatan Putar Poros / Rotary
P1, P2, P3	-	Urutan Pengambilan Sampel Pengujian (Trial)
r	m / cm	Jari-jari Lengan Putar / Puli Mekanik
R	Ω	Resistansi / Hambatan Listrik
t	s	Waktu / Durasi Eksekusi Proses
T	Nm / kg·cm	Torsi yang Dihasilkan Motor DC
V	V / mV	Beda Potensial / Tegangan Listrik
V_CE(sat)	V	Tegangan Saturasi Kolektor-Emitor Transistor BJT
V_in	V	Tegangan Masukan Catu Daya
V_max	V	Tegangan Keluaran Maksimum Driver Motor

V_{out}	V	Tegangan Keluaran Pengukuran
$x1$	-	Nomor Indeks Posisi Slot Awal
$x2$	-	Nomor Indeks Posisi Slot Target
Δx	Langkah	Besarnya Perpindahan Langkah Posisi Slot (Steps)
ω	rad/s	Kecepatan Sudut Putaran Mekanik
μF	Mikrofarad	Satuan Kapasitansi Kapasitor Elektrolit
lx	Lux	Satuan Iluminasi / Intensitas Cahaya Ruangan
