



PERANCANGAN PROTOTYPE PENGAKSES PALANG PINTU MENGGUNAKAN SISTEM RFID RC522 BERBASIS ARDUINO UNO

Anton Viantika¹, Aan Yuswardi²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan Batam
Email : anton@ft.unrika.ac.id¹, aan.yuswardi@gmail.com²

ABSTRAK

Palang Pintu adalah suatu alat pembatas akses baik orang maupun kendaraan dari keluar ataupun masuk dari area tertentu. Secara umum palang pintu terbagi menjadi dua, yaitu palang pintu manual dan palang pintu otomatis. Penelitian ini berfokus pada penelitian mengenai perancangan pengakses palang pintu dengan menggunakan kartu akses yang berbasis RFID (*Radio Frequency identification*) untuk mengontrol pergerakan palang pintu dengan sebuah sistem yang didalamnya terdapat RFID, mikrokontroler, dan aktuator. Penelitian ini menggunakan RFID RC522 sebagai pendeteksi kartu akses. Dari perancangan *prototype* yang telah dibuat didapat adalah jarak *tapping* kartu RFID ke RFID *reader* maksimal sejauh 4cm dan bila lebih dari jarak tersebut, kartu akses tidak dapat terdeteksi. Palang pintu akan terbuka ataupun tertutup tergantung besar sudut motor servo dipengaruhi oleh seberapa besar pulsa yang diberikan.

Kata kunci: RFID, Arduino, Motor Servo, Palang Pintu, Kartu Akses

ABSTRACT

Access gates serve as barriers controlling the entry and exit of individuals and vehicles from specific areas. Generally, access gates are categorized into two types: manual gates and automatic gates. This research focuses on the design of an access gate system utilizing RFID (Radio Frequency Identification) based access cards to regulate the gate's movement. The system comprises RFID technology, microcontrollers, and actuators. The RFID RC522 is employed as the access card detector. The prototype design indicates that the maximum effective tapping distance between the RFID card and the RFID reader is 4 cm. If the distance exceeds this range, the access card remains undetected. The gate opens or closes based on the servo motor's angle, determined by the pulse width applied.

Keyword: RFID, Arduino, Servo Motor, Access Gate, Access Card

1. PENDAHULUAN

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, “Palang” berarti batang kayu (bambu, besi, dsb.) yang dipasang melintang pada jalan, pintu, dsb. Palang Pintu adalah suatu alat pembatas akses baik orang maupun kendaraan dari keluar ataupun masuk dari area tertentu (Anonim, 2023).

Palang pintu dapat dijumpai di perlintasan kereta api, jembatan gantung, fasilitas parkir, gardu pemeriksaan, dan pintu masuk daerah keamanan terbatas. Palang juga digunakan pada gerbang tol, dan juga dapat ditemukan di beberapa simpang susun jalan bebas hambatan yang diturunkan untuk mengatur atau membatasi gerak saat terjadi pembersihan jalan pasca kecelakaan atau penutupan jalan tanpa perlu mengirim pekerja atau polisi lalu lintas yang naik mobil patroli untuk menutup jalan.

Secara umum palang pintu terbagi menjadi dua, yaitu palang pintu manual dan palang pintu otomatis. Pada palang pintu manual, akses untuk melintasi area yang di jaga/dibatasi harus dibuka secara manual oleh penjaga pintu, sedangkan pada palang pintu otomatis, palang pintu dapat dibuka dengan cara memencet tombol tertentu, dengan remote, dengan menggunakan RFID (*Radio Frequency identification*), ataupun dengan menggunakan sensor – sensor tertentu.

Penelitian ini akan berfokus pada penelitian mengenai perancangan pengakses palang pintu dengan menggunakan kartu akses yang berbasis RFID (*Radio Frequency identification*). Untuk mengontrol pergerakan palang pintu dibutuhkan sebuah sistem yang didalamnya terdapat RFID, mikrokontroler, dan aktuator. Pada penelitian ini menggunakan RFID RC522 sebagai pendeteksi kartu akses.

RFID RC522 adalah sebuah modul yang dapat membaca pada frekuensi 13,56 MHz. Pembacaan data dari kartu akses akan diproses

oleh Arduino UNO sebagai mikrokontroler yang akan mengirim perintah untuk menggerakkan palang pintu. Arduino UNO adalah sebuah mikrokontroler yang didalamnya terdapat IC (*Integrated Circuit*) Atmega328 sebagai mikrokontroler yang akan memproses data dan memberikan perintah ke aktuator yang berupa sebuah motor servo. Motor servo disusun dari sebuah motor DC, *gearbox*, variable resistor atau potensiometer dan rangkaian kontrol. Motor servo dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar ± 20 ms, dimana lebar pulsa antara 0,5 ms dan 2 ms menyatakan akhir dari range sudut maksimum. Lebar pulsa menentukan seberapa derajat Motor servo akan bergerak.

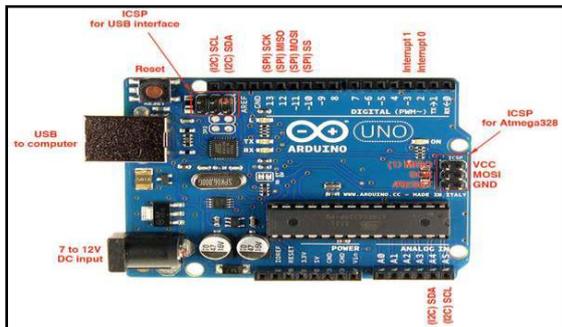
2. LANDASAN TEORI

2.1. Arduino UNO.

Arduino adalah suatu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler Atmega 328 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer). Arduino mengandung mikroprosesor dan dilengkapi dengan Oscillator 16 MHz, dan regulator 5 volt. Sejumlah pin tersedia di papan. Pin 0 hingga pin 13 digunakan untuk isyarat digital, yang hanya bernilai 0 atau 1. Pin A0 - A5 digunakan untuk isyarat analog.

Arduino disebut juga *single board microcontroller* (mikrokontroler dalam satu papan rangkaian) yang bersifat *open source* dan sangat populer saat ini (Feri D, 2011). Arduino merupakan turunan dari *platform wiring* dan dirancang agar pembuatan proyek mikrokontroler menjadi lebih mudah dilakukan oleh semua kalangan. Sistem Arduino adalah berupa hardware menggunakan *chip* Atmel AVR, *software* yang berupa bahasa pemrograman standar C, serta *bootloader* yang dipasang pada chip utama.

Hardware Arduino diprogram menggunakan bahasa pemrograman C/C++, hanya saja sudah disederhanakan dan dimodifikasi. Arduino mengikuti pola pemrograman wiring (syntax dan library-nya). Sementara untuk editor pemrogramannya (IDE – Intergrated Development Enviroment) dikembangkan dari processing.



Gambar 2. 1 Arduino UNO

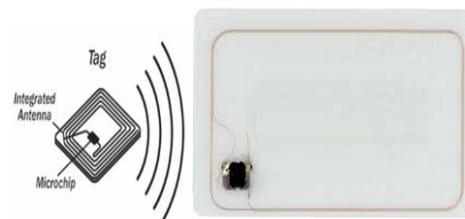
2.2. Teknologi RFID (Radio Frequency identification).

Radio Frequency identification atau yang lebih dikenal sebagai RFID merupakan suatu metoda identifikasi obyek yang menggunakan gelombang radio. Proses identifikasi dilakukan oleh RFID reader dan RFID transponder (RFID tag). RFID tag dilekatkan pada suatu benda atau suatu obyek yang akan diidentifikasi. Tiap-tiap RFID tag memiliki data angka identifikasi (ID number) yang unik, sehingga tidak ada RFID tag yang memiliki ID number yang sama.

Ada dua macam komponen RFID yaitu Reader RFID dan Tag RFID. RFID tag adalah alat yang dibuat dari IC dan antena yang terintegrasi didalamnya, yang memiliki memori sehingga tag dapat digunakan untuk menyimpan data. Memori pada tag dibagi menjadi beberapa sel. Ada beberapa sel yang digunakan untuk menyimpan data read only, misalnya nomor seri yang unik yang disimpan saat sebuah tag diproduksi. Selain itu ada beberapa sel lain yang dapat ditulis dan dibaca secara berulang.

Tag RFID ada berbagai macam namun secara garis besar dibagi menjadi dua yaitu tag aktif dan tag pasif. Tag RFID aktif memancarkan sinyal dengan tenaga dari baterai. Pada umumnya RFID tidak memancarkan sinyal terus menerus. Untuk menghemat baterai, RFID hanya akan memancarkan sinyalnya apabila ada sinyal pemicu yang sesuai dengan tata cara pengiriman dan penerimaannya (protokol). Sinyal pemicu ini biasanya ditempatkan menjadi satu pada alat pemancar atau penerima (reader /antena).

Tag RFID pasif tidak mempunyai baterai. Sinyal dikirim oleh reader/antena diterima oleh RFID tag, kemudian rangkaian dalam tag dengan menggunakan energi sinyal tersebut mengirim data ke antena/reader kembali. Oleh karena itu sinyal tersebut lemah.

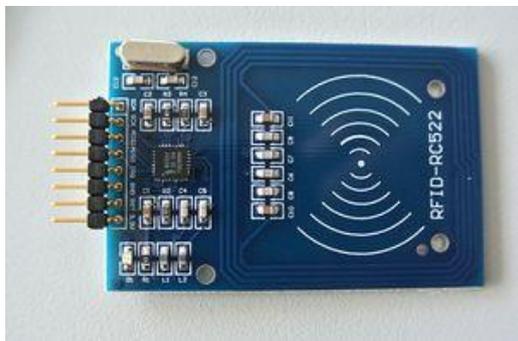


Gambar 2.2 RFID Tag/card RFID

Dalam sistem RFID diperlukan sebuah reader atau alat scanning-device yang dapat membaca tag dengan benar. Reader sering kali disebut sebagai interogator atau pemindai. Reader ini memiliki beberapa antena yang berfungsi mengirim dan menerima data ke tag dan dari tag. Ketika reader memancarkan gelombang radio, seluruh tag yang dirancang pada frekuensi tersebut serta berada pada rentang bacanya akan memberikan respon. Sebuah reader juga dapat berkomunikasi dengan tag tanpa kontak langsung, tergantung pada frekuensi radio dan tipe tag (aktif atau pasif) yang digunakan. Reader dapat dibedakan berdasarkan kapasitas penyimpanannya, kemampuan pemrosesnya, serta frekuensi yang dapat dibacanya.

2.3. RFID Reader RC522.

Mifare RC522 RFID Reader module adalah sebuah modul berbasis IC Philips MFRC522 yang dapat membaca RFID dengan penggunaan yang mudah dan harga yang murah, karena modul ini sudah berisi komponen - komponen yang diperlukan oleh MFRC522 untuk dapat bekerja. Modul ini dapat digunakan langsung dengan menggunakan *interface* SPI, dengan suplai tegangan sebesar 3,3V yang mampu membaca pada frekuensi 13,56 MHz.



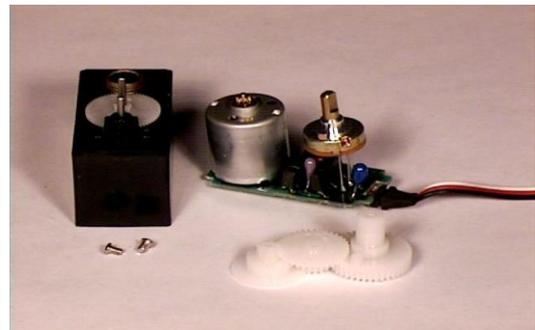
Gambar 2.3 RFID (RC (Reader Chip)522

2.4. Motor Servo.

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik *loop* tertutup (*servo*), sehingga dapat di *setup* atau diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros *output* motor. *Motor servo* merupakan perangkat yang terdiri dari *motor* DC, serangkaian *gear*, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian *gear* yang melekat pada poros *motor* DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor *servo*, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat *motor* berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros *motorservo*.

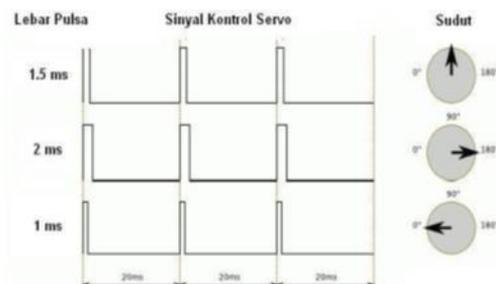
Penggunaan sistem kontrol *loop* tertutup pada *motorservo* berguna untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir dari poros *motorservo*. Posisi poros *output* akan di sensor untuk

mengetahui posisi poros sudah tepat seperti yang di inginkan atau belum, dan jika belum, maka kontrol *input* akan mengirim sinyal kendali untuk membuat poros tersebut tepat pada posisi yang diinginkan.



Gambar 2.4 Kontruksi *MotorServo*

Motorservo dikendalikan oleh sebuah *pulsa* selebar ± 20 ms, dimana lebar *pulsa* antara 0.5ms dan 2ms menyatakan akhir dari *range* sudut maksimum. Apabila *motorservo* diberikan *pulsa* dengan besar 1.5ms mencapai gerakan 90° . Bila kita berikan *pulsa* kurang dari 1.5ms maka posisi mendekati 0° dan bila kita berikan *pulsa* lebih dari 1.5ms maka posisi mendekati 180° .



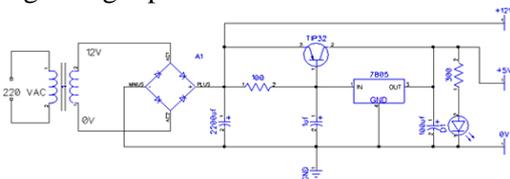
Gambar 2.5 Pensinyalan *MotorServo*

Pada saat sinyal dengan frekuensi 50 Hz tersebut dicapai pada kondisi *ton duty cycle* 1.5ms, maka rotor dari motor akan berhenti tepat di tengah-tengah (sudut 0° netral). Pada saat *ton duty cycle* dari sinyal yang diberikan kurang dari 1.5ms, maka *rotor* akan berputar ke berlawanan arah jarum jam *Counter Clock wise*, (CW) dengan membentuk sudut yang besarnya linier terhadap besarnya *ton duty cycle*, dan akan bertahan diposisi tersebut. dan sebaliknya, jika *ton duty cycle* dari sinyal yang

diberikan lebih dari 1.5ms, maka *rotor* akan berputar searah jarum jam *Clock Wise* (CW) dengan membentuk sudut yang linier pula terhadap besarnya *ton duty cycle*, dan bertahan diposisi tersebut.

2.5. Catu Daya.

Catu daya adalah suatu piranti yang memberikan tegangan ke rangkaian elektronika agar rangkaian atau peralatan elektronika tersebut dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Di bawah ini adalah salah satu bentuk rangkaian catu daya yang banyak dijumpai dan yang sering dipakai.

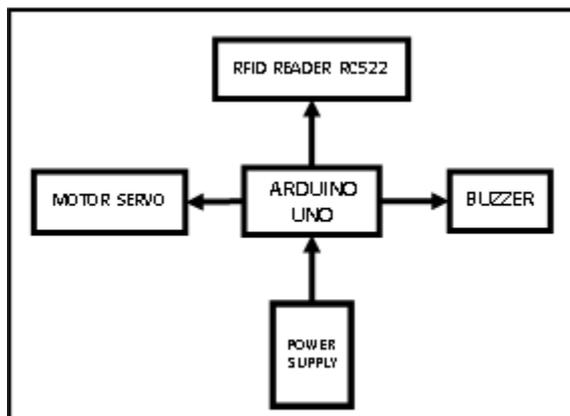


Gambar 2. 6 Rangkaian Catu Daya

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Perancangan Sistem *Hardware*.

Perancangan sistem *hardware* adalah perancangan sistem perangkat keras alat yaitu *power supply*, Arduino UNO, RFID reader, *motorservo*, dan *buzzer*. Blok diagram sistem *hardware* dapat di lihat pada gambar 3.1. *Power supply* berfungsi sebagai penyuplai tegangan 5V ke Arduino UNO, dan selanjutnya Arduino UNO akan menyuplai tegangan ke RFID reader sebesar 3,3V, motor *servo* dan *buzzer* sebesar 5V.

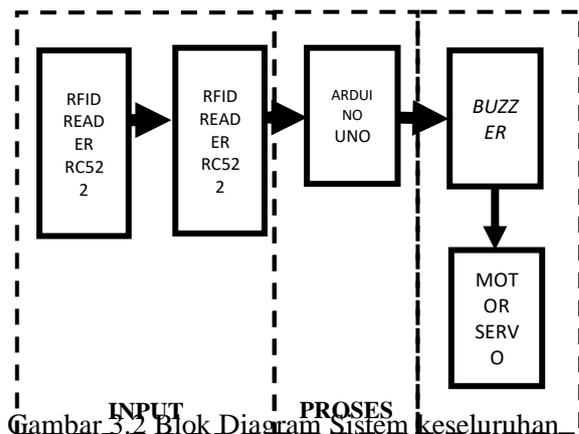


Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem *Hardware*

3.2. Perancangan Sistem Keseluruhan.

Perancangan sistem keseluruhan ini dibagi menjadi tiga bagian yang berhubungan satu sama lainnya. Adapun tiga bagian itu meliputi :

- Unit* masukan (*input*) yang memberi masukan data ke unit pemroses. Dalam sistem ini yang menjadi unit masukan adalah RFID *tag* dan RFID *reader* yang akan memberi masukan ke Arduino UNO.
- Unit* pemroses melakukan pemrosesan data yang diterima dari unit masukan (*input*) yang selanjutnya akan mengirimkan data ke unit keluaran (*output*). Unit pemroses adalah Arduino UNO yang akan memproses data yang telah diterima dari RFID *reader* dan selanjutnya akan diteruskan ke *motor servo* dan *buzzer*.
- Unit* keluaran (*output*) melakukan aksi yang diperintahkan oleh unit pemroses serta menampilkan hasil pemrosesan sebagai hasil dari sistem. Unit keluaran (*output*) dari sistem ini adalah *motorservo* yang akan melakukan pergerakan palang pintu sesuai intruksi dari Arduino UNO dan *buzzer* akan berbunyi sesuai perintah dari Arduino UNO.

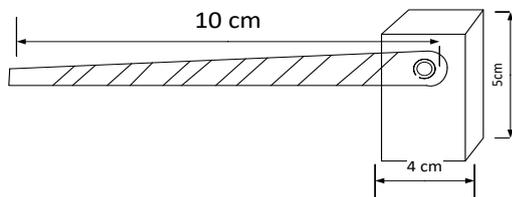


Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem keseluruhan

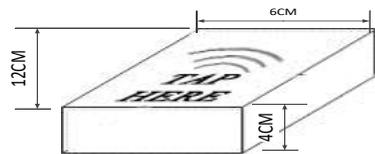
3.3. Desain Mekanik.

Desain dari mekanik ini merupakan *prototype* palang pintu, dan *box tapping* yang didalamnya terdapat sebuah sistem

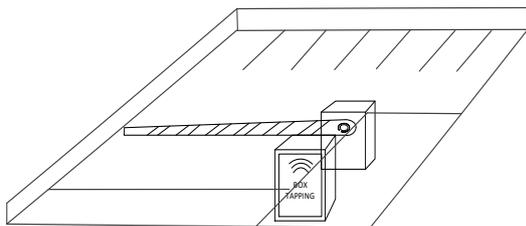
mikrokontroler *arduinouno*, RFID reader RC522 dan *buzzer*.



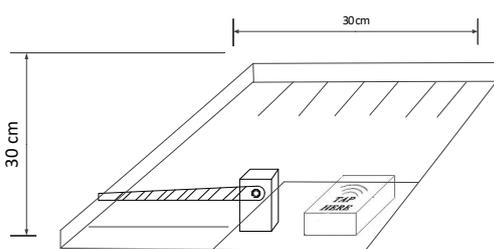
Gambar 3.3 Sketsa *Prototype* Palang Pintu



Gambar 3.4 Sketsa *Box Tapping* Pengakses Palang Pintu



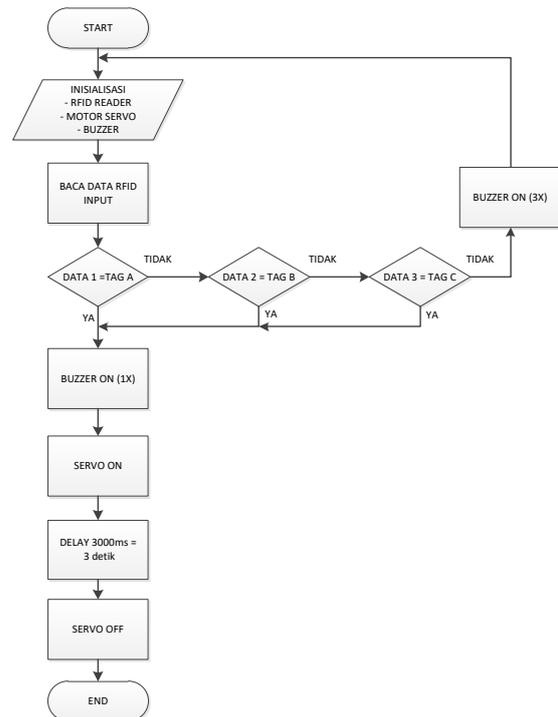
Gambar 3.5 Sketsa Aktual Palang Pintu



Gambar 3.6 Sketsa miniatur / *Prototype* Palang Pintu

3.4. Perancangan Perangkat Lunak.

Perancangan perangkat lunak ini akan membahas gambaran *flowchart* sebagai alur kerja sistem, dan akan langkah - langkah pengiriman data, pemrosesan data, dan hasil dari data sebagai keluaran (*output*).



Gambar 3.7 *Flowchart* Cara Kerja Alat

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Alat.

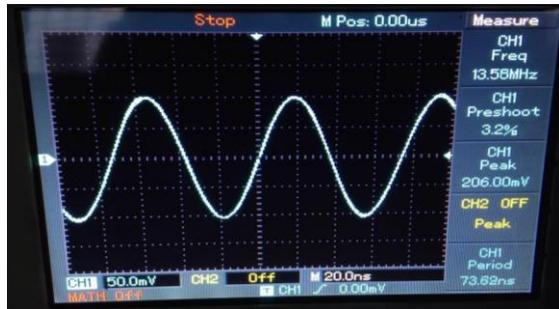
Pengujian alat dilakukan setelah alat selesai dibuat kemudian di uji coba alat. Data hasil uji coba alat yang didapatkan akan digunakan untuk penganalisaan sehingga dapat ditarik kesimpulan yang sesuai. Pengujian alat yang akan dilakukan antara lain yaitu:

1. Pengujian frekuensi kerja RFID reader menggunakan osiloskop.
2. Pengujian jarak baca RFID reader saat mendeteksi kartu RFID.
3. Pengujian pada masing – masing RFID tag menggunakan osiloskop.
4. Pengukuran sudut pada pergerakan motor servo.
5. Pengujian sudut motorservo melalui osiloskop.

4.1.1. Pengujian Frekuensi Kerja RFID Reader Menggunakan Osiloskop.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah frekuensi kerja RFID

reader MFRC522 sama dengan datasheet yaitu 13,56 MHz.



Gambar 4. 1 Data Frekuensi RFID reader MFRC522

Tabel 4.1 Data RFID Reader yang terbaca oleh Osiloskop

Volt/div	Time/div	Frekuensi yang diberikan	Frekuensi kerja RFID
50 mV	20 nS	50 Hz	13,56 MHz

4.1.2. Pengujian Jarak Baca RFID Reader Saat Mendeteksi Kartu RFID.

Tujuan dari pengujian jarak ini adalah untuk mengetahui seberapa jauh jarak pendeteksian RFID reader saat mendeteksi kartu RFID.

Tabel 4.2 Data pengukuran jarak pembacaan RFID tag

Data Jarak Pembacaan RFID Tag		
NO	Jarak Baca (Cm)	Keterangan
1	0	Terdeteksi
2	1	Terdeteksi
3	2	Terdeteksi
4	3	Terdeteksi
5	4	Terdeteksi
6	5	Tidak Terdeteksi

4.1.3. Pengujian pada masing – masing RFID tag menggunakan Osiloskop.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan data setiap kartu RFID tag dengan cara mengambil data setiap kartu menggunakan Serial Monitor Arduino sebagai berikut:

```

COM6
RFID tag detected
100 , 0
The tag's number is :
36 , 10011010 , 11011 , 1100101 , 11000000 , 11000000
TAG A!

RFID tag detected
100 , 0
The tag's number is :
130 , 1011111 , 10110111 , 100101 , 1001111 , 1001111
TAG B!

RFID tag detected
100 , 0
The tag's number is :
80 , 10101111 , 11110 , 1001111 , 10101110 , 10101110
TAG C!
  
```

Gambar 4.2 Data kartu RFID yang terlihat dari Serial Monitor Arduino



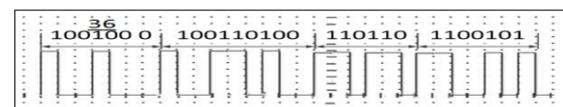
Gambar 4.3 Data aktual pengukuran tag A menggunakan Osiloskop

Perhitungan lebar pulsa setiap data yang diberikan adalah sebesar 5ms yang dapat dilihat pada Osiloskop, pada Osiloskop periodenya adalah 500ns , jika di rubah menjadi milisecond maka dibagi dengan 1000, maka hasilnya adalah 5ms.

Data yang terlihat pada Osiloskop adalah byte data yang berada pada sektor lain dikarenakan pada saat pendeteksian kartu, pembacaan data terjadi sangat cepat dan data yang dapat diambil hanya seperti yang terlihat diatas, untuk data yang tertera pada Serial Monitor Arduino sebagai berikut:

```

RFID tag detected
100 , 0
The tag's number is :
36 , 10011010 , 11011 , 1100101 , 11000000 , 11000000
TAG A!
  
```

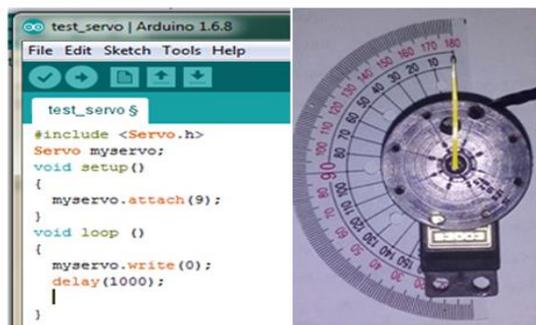


Gambar 4.4 Data bentuk sinyal tag A pada *Serial Monitor Arduino*

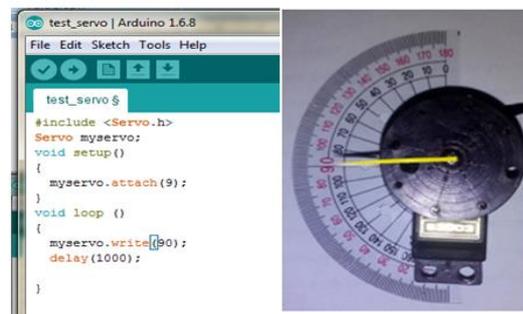
4.1.4. Pengukuran sudut pada pergerakan Motor Servo

Pengambilan data ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana cara kerja motor servo sebagai pembuka palang pintu. Jika data kartu RFID yang terbaca oleh RFID reader sudah dimasukan kedalam program maka Arduino UNO akan memberi perintah ke pin digital 9 yaitu pin yang terhubung ke motor servo, untuk melakukan pergerakan sesuai dengan seberapa besar derajat yang telah ditulis didalam program.

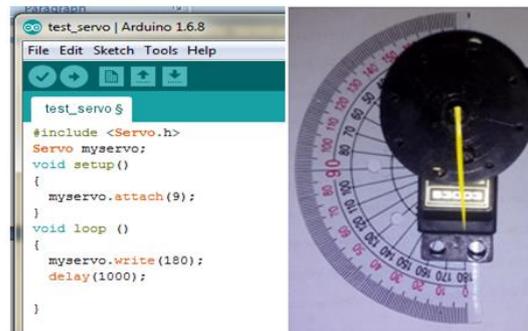
Posisi awal motor servo berada pada sudut 90° yaitu berada pada posisi tengah sebelah kiri. Untuk dapat melakukan pergerakan membuka atau pergerakan keatas maka motor servo harus diberi data sudut sebesar 0°.



Gambar 4.5 *MotorServo* Berada Di Sudut 0°



Gambar 4.6 *MotorServo* Berada Di Sudut 90°



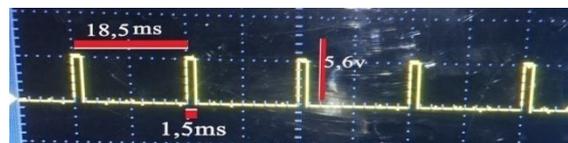
Gambar 4.7 *MotorServo* Berada Di Sudut 180°

4.1.5. Pengukuran sudut pada pergerakan Motor Servo melalui Osiloskop.

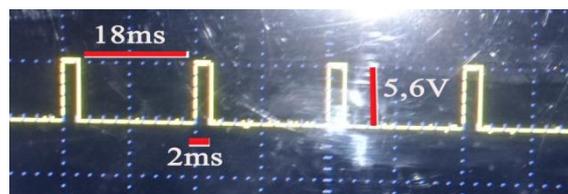
Pengambilan data ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar lebar pulsa yang diberikan oleh Arduino UNO kepada motor servo.



Gambar 4.8 Data nilai PWM *motorservo* 0°



Gambar 4.9 Data nilai PWM *motorservo* 90°



Gambar 4.10 Data nilai PWM *motorservo* 180°

4.1.6. Analisa Data Pengakses Palang Pintu Otomatis.

Dari hasil pengujian dan pengambilan data diatas terdapat beberapa kelemahan pada alat pengakses palang pintu otomatis yang dapat mengurangi tingkat keakurasian alat.

Beberapa kelemahan yang ada pada alat yaitu :

- a. Jarak pembacaan kartu RFID hanya sampai 4cm, jika lebih dari itu maka RFID reader tidak dapat mendeteksi adanya kartu.
- b. Posisi penempelan atau proses *tapping* kartu ke RFID reader harus berada diatas box tapping, jika posisinya berada di samping box tapping maka RFID reader tidak dapat mendeteksi adanya kartu.
- c. Data gelombang pada setiap kartu RFID berbeda – beda dikarenakan setiap RFID tag memiliki *byte* data yang berbeda – beda.
- d. Besar sudut pada motor servo dipengaruhi oleh seberapa besar pulsa yang diberikan.
- e. Data pulsa motor servo sama dengan *datasheet* yaitu jika lebar pulsa 1ms maka posisi motor servo berada pada sudut 0°, jika lebar pulsa 1,5ms maka posisi motor servo berada pada sudut 90°, dan jika lebar pulsa 2ms maka motor servo berada pada sudut 180°.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan sistem kemudian dilakukan pengujian dan analisi data, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Optimalisasi kartu akses dapat dilakukan dengan cara merancang alat pengakses palang pintu menggunakan mikrokontroler yang bisa menyimpan data yang lebih besar dari *Arduino Uno*, agar penggunaan kartu RFID (*Radio Frequency Identification*) dapat digunakan lebih banyak lagi dan mencukupi untuk digunakan ke semua pengguna.
2. Hasil rancangan pengakses palang pintu berupa *prototype* yang menggunakan *motorservo* sebagai aktuator.
3. Pengontrolan pergerakan motor servo maka harus menuliskan berapa besar sudut motor servo agar membuka palang pintu.

Pada penelitian ini untuk membuka palang pintu maka dituliskan program 0°. Karena posisi motor servo pada saat *stand by* adalah pada sudut 90° dengan arah sebelah kiri.

5.2. Saran

1. *Prototype* pada penelitian ini diharapkan dapat dijadikan dasar untuk penelitian dan proposal lebih lanjut untuk peningkatan kartu mahasiswa dan civitas akademika yang terintegrasi dengan RFID sehingga dapat dijadikan kartu akses palang pintu masuk ke area parkir kampus ataupun area – area khusus lainnya (Seperti Lab, Perpustakaan, Siakad, dst) sehingga area – area tersebut secara Eksklusif hanya diakses oleh civitas akademika saja.
2. Diharapkan perancangan selanjutnya untuk menggunakan mikrokontroler yang tingkat penyimpanan datanya lebih besar dari *Arduino UNO*, Agar penggunaan kartu RFID dapat menyeluruh ke seluruh mahasiswa, dan civitas akademika.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, 2023, Kamus Besar Bahasa Indonesia, <https://kbbi.web.id/>, diakses tanggal 18 Aug 2023, 10:00 WIB.
- [2] Feri, D. 2011, Pengenalan *Arduino* e-book . <http://www.tobuku.com>.
- [3] Kadir A, 2013, Buku Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemogramannya Menggunakan *Arduino*, CV ANDI OFFSET, Yogyakarta.
- [4] Nalwan A, 2012, Teknik Rancang Bangun Robot, CV. Andi OFFSET Yogyakarta.
- [5] Liang C.S, Jin A.K. 2001. Aplikasi Elektro Magnetik Jilid 2 edisi kedua, Erlangga, Jakarta.