

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Motor *Direct Current* (DC)

Motor listrik adalah suatu alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, yaitu motor listrik. Generator atau dinamo merupakan suatu alat yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Motor listrik biasanya ditemukan di peralatan rumah tangga seperti mesin blender atau mesin cuci atau pompa air atau penyedot debu. Titik di mana listrik berubah menjadi gerak prinsip kerja proses ini adalah elektromagnetisme. Hal ini terjadi dengan mengubah energi magnet menjadi energi listrik, karena dapat memperoleh gerak jika meletakkan sebuah magnet pada sumbu yang dapat berputar ditambah magnet lain yang posisinya tetap, karena kutub yang sejenis tolak menolak dan kutub yang berbeda tarik menarik. Gambar 2.1 adalah gambar dari motor DC yang digunakan pada penelitian ini.

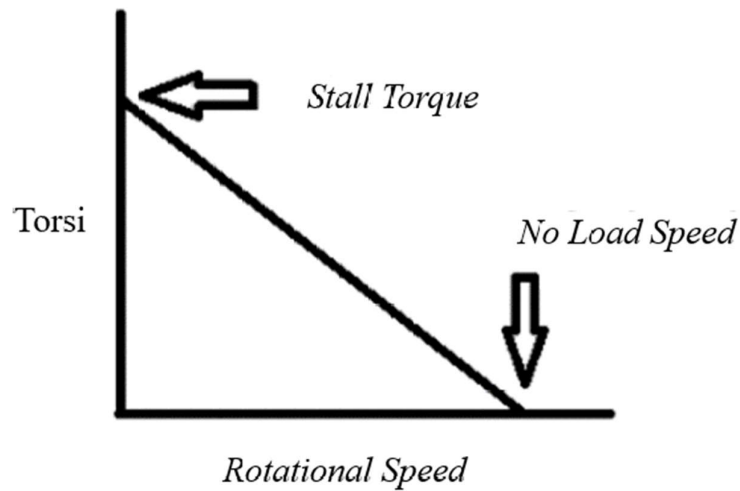


Gambar 2.1 Motor DC [16]

Gambar 2.1 memperlihatkan motor listrik (arus searah) adalah suatu alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanis atau gerak. Motor DC memiliki dua polaritas yang membutuhkan arus searah dan motor ini juga menghasilkan jumlah putaran per menit atau biasanya disebut *Revolution Per Minute* (RPM) dapat berputar searah jarum jam atau berlawanan hanya dengan membalikkan polaritas [16].

Karakteristik motor DC dapat dijelaskan dengan kurva daya kurva torsi atau kecepatan dan dapat menganalisis kendala pekerjaan motor DC dan area kerja

maksimal dari motor DC. Gambar 2.2 menampilkan kurva dari karakteristik motor DC.



Gambar 2.2 Kurva Kecepatan dengan Torsi [17]

Gambar 2.2 merupakan kurva hubungan torsi dan kecepatan motor DC tertentu diilustrasikan dalam grafik. Hal ini menunjukkan bahwa torsi motor berbanding terbalik dengan kecepatan putarannya, artinya besarnya torsi yang dihasilkan mengakibatkan *trade-off* dengan kecepatan putarannya. Dua karakteristik utama dapat diidentifikasi dari grafik:

1. *Stall torque*, adalah titik yang menunjukkan pada grafik di mana torsi berada pada titik maksimum tetapi motor tidak berputar.
2. *No load speed*, adalah titik yang menunjukkan pada grafik di mana kecepatan putaran maksimum terjadi tanpa beban pada motor.

Analisis terhadap grafik dilakukan dengan menghubungkan kedua titik tersebut dengan sebuah garis, di mana persamaan garis tersebut dapat ditulis di dalam fungsi torsi atau kecepatan sudut. Memasukkan nilai daya dan kecepatan sudut ke dalam persamaan torsi diperoleh pada Persamaan (2.1)

$$\tau = \frac{P}{\omega} \quad (2.1)$$

Persamaan (2.1) adalah persamaan untuk mencari torsi, dengan diperlukannya mencari daya yang telah digunakan motor DC dan hasil kecepatan radian. Nilai torsi (τ) diperlukan untuk mendapatkan nilai kecepatan sudut seperti pada Persamaan (2.2) berikut [17].

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (2.2)$$

Persamaan (2.2) merupakan persamaan untuk mencari nilai kecepatan sudut (ω), dengan diperlukannya nilai torsi (τ) yang diterapkan pada benda dapat mempengaruhi nilai kecepatan sudutnya (ω), terutama saat menganalisis gerakan rotasi yang tidak konstan [17].

2.2. Motor Driver BTS7960

BTS7960 adalah sebuah modul *driver* motor yang dirancang untuk mengendalikan motor DC atau motor *stepper* dengan arus yang relatif tinggi. Modul ini biasanya digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik dan robotika. Gambar 2.3 merupakan gambar *driver* motor yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2.3 Motor Driver BTS7960 [18]

Gambar 2.3 merupakan motor *driver* BTS7960 terdapat modul *H-bridge* dengan fitur *built-in* yang mendukung arus tinggi. Modul ini bisa mengendalikan motor dengan daya besar. BTS7960 umumnya terdiri dari dua *H-bridge*, sehingga bisa digunakan untuk mengendalikan motor dengan arus besar secara bersamaan [18].

2.3. Modul Bluetooth HC-05

Bluetooth adalah teknologi yang memungkinkan transmisi data dan layanan komunikasi suara dalam jangkauan terbatas. Operasinya berlangsung pada pita frekuensi 2,4 GHz tanpa lisensi ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) dengan menggunakan sebuah *transceiver* yang melakukan perpindahan frekuensi (*frequency hopping*). Teknologi ini memungkinkan komunikasi data dan suara

secara langsung antara perangkat Bluetooth dengan jarak terbatas. Sistem Bluetooth terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk radio *transceiver*, manajemen dan kendali *link baseband*, inti prosesor *baseband*, memori *flash* dan kode suara, serta manajer tautan yang menghubungkan perangkat keras ke pemrosesan *baseband* radio dan lapisan fisik protokol. Manajer tautan bertanggung jawab atas aktivitas protokol tingkat tinggi, seperti mengatur tautan, autentikasi, dan konfigurasi [19]. Gambar 2.4 adalah modul Bluetooth yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2.4 Modul Bluetooth HC-05 [20]

Gambar 2.4 merupakan modul Bluetooth HC-05 yang menggunakan komunikasi serial UART untuk mentransmisikan dan menerima data. Modul Bluetooth HC-05 ini memungkinkan komunikasi langsung dengan mikrokontroler melalui jalur TX (*transmitter*) dan RX (*receiver*) yang tersedia pada *pin* keluarannya. Secara umum, Bluetooth HC-05 hanya dapat dikonfigurasi sebagai perangkat *slave* dan tidak dapat digunakan sebagai *master* [20].

2.4. Akumulator 12 V

Akumulator (*accumulator* atau aki) mengandung 1 atau lebih elektrokimia di mana reaksi kimia menciptakan potensi listrik antara terminal akumulator yang mana potensi listrik dapat diberikan beban menggunakan alat elektronika tertentu sesuai dengan kapasitas akumulator, akumulator memiliki sel elektroda anoda dan katoda dengan elektrolit H₂SO₄ standar internasional dari 1 *cell* akumulator memiliki tegangan sebesar 2 Volt jadi untuk dapat menghasilkan tegangan 12 Volt harus memiliki 6 *cell*. Aki yang berkapasitas 24 Volt memiliki jumlah *cell* sebanyak 12 *cell*. Gambar 2.5 adalah aki yang digunakan pada penelitian ini dengan tegangan sebesar 12 V dan 5 Ah.



Gambar 2.5 Aki [21]

Gambar 2.5 merupakan akumulator, *cell* skunder karna dapat menghasilkan arus listrik dan juga dapat diisi dengan arus listrik kembali. Fungsi akumulator ini adalah mengubah energi dari reaksi kimia menjadi energi listrik yang dapat menghasilkan arus listrik saat sirkuit tertutup di antara dua kutub terminal positif dan negatif yang memiliki beda potensial [21].

2.5. Arduino

Arduino adalah sebuah *board* elektronik yang bersifat *open source*, yang didasarkan pada *software* dan *hardware* yang fleksibel serta mudah digunakan. *Platform* ini dirancang untuk digunakan oleh teknisi, seniman, desainer, dan semua orang yang tertarik dalam menciptakan objek atau lingkungan yang interaktif. Gambar 2.6 adalah mikrokontroler Arduino Uno yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2.6 Arduino Uno [22]

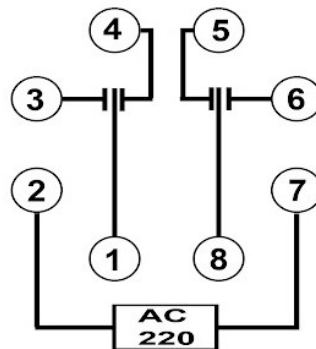
Gambar 2.6 merupakan Arduino Uno, sebuah *platform* komputasi fisik yang *open source* yang terdiri dari *board input* dan *output* sederhana. Istilah *platform*

komputasi fisik di sini mengacu pada sebuah sistem fisik yang dapat berinteraksi dengan pengguna melalui penggunaan perangkat lunak dan perangkat keras yang dapat mendeteksi serta merespons situasi dan kondisi tertentu.

Board Arduino Uno dapat diberi daya melalui *Universal Serial Bus port* pada komputer, menggunakan *USB charger*, atau melalui *AC adapter* dengan tegangan 9 Volt. *Power supply* tidak menerima aliran listrik dari *AC adapter*, maka papan *Arduino* dapat menggunakan daya dari *USB port*. Daya tersedia dari *AC adapter* dan *USB port* secara bersamaan, sehingga papan *Arduino* akan secara otomatis menggunakan daya dari *AC adapter* [22].

2.6. Relay 220 V

Relay terdiri dari dua elemen utama yaitu elektromagnet (kumparan) dan komponen mekanis (kumpulan kontak sakelar). Gaya elektromagnetik atau kumparan dimanfaatkan untuk mengaktifkan kontak, *relay* beroperasi dengan prinsip bahwa arus listrik yang kecil (daya rendah) dapat memudahkan transmisi listrik pada tegangan yang lebih tinggi, *relay* mampu mengalirkan listrik yang memiliki tegangan lebih tinggi. *Relay* yang dilengkapi dengan kumparan 5 V dan arus 50 mA, yang mampu mengaktifkan jangkar *relay* (bertindak sebagai saklar) untuk memungkinkan aliran listrik pada 220 V dan 2 A. Gambar 2.7 merupakan ilustrasi terminal pada *relay* 220 V.



Gambar 2.7 *Relay* 220V 8 Kaki [23]

Gambar 2.7 adalah kontak poin *relay* yang di mana *relay* berisi kontak-kontak berbagai kondisi, kondisi ini terdiri dari 2 jenis yaitu:

1. *Normally Close* (NC) yaitu kondisi kontak yang di mana *coil* sebelum terhubung akan berada di posisi terhubung (*close*).
2. *Normally Open* (NO) yaitu kondisi kontak yang di mana *coil* sebelum terhubung akan berada di posisi terputus (*open*) [23].

Terdapat kontak koil pada kaki 1 dan 8, jika dialiri arus maka koil ini akan merubah kontak-kontak pada *relay*, dan jika tidak dialiri arus listrik kontak-kontak ini berubah kembali semula.

2.7. Modul *Step Down*

Step-down pada tegangan DC adalah suatu alat penurun tegangan yang sering digunakan dalam rangkaian elektronika. Alat ini bekerja dengan membagi tegangan kebutuhan rangkaian elektronika melalui pembagi tegangan. *Pin* 5 dan 6 dari IC TL494 berfungsi sebagai pembentuk gelombang RAMP yang dapat dibandingkan dengan tingkat tegangan tertentu. Hasil perbandingan tersebut akan menghasilkan pulsa lebar denyut *Pulse Width Modulation* (PWM) pada keluaran komparator. Melalui pulsa-pulsa yang dikendalikan oleh *D flip-flop* di dalam IC TL494, pulsa PWM akan diperluas menjadi dua pulsa PWM yang memiliki fase yang berbeda 180 derajat untuk mengendalikan Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (MOSFET) yang disusun secara *push-pull*. Pulsa PWM yang diberikan ke gerbang MOSFET akan mengatur kondisi *junction* (sifat penghantar) antara sumber dan dari MOSFET. Gambar 2.8 adalah modul *step down* yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2.8 Modul Konverter DC to DC *Step Down*

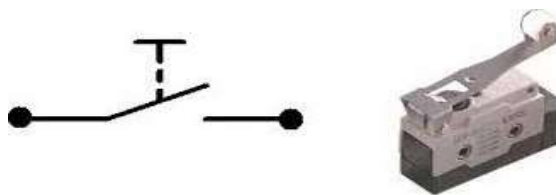
Gambar 2.8 merupakan modul konverter DC ke DC dengan frekuensi tetap 150 kHz (PWM *step down*) menggunakan IC Regulator LM2596, mampu

menggerakkan beban hingga 5 A dengan efisiensi yang tinggi, deretan rendah, regulasi garis dan beban yang sangat baik dan tegangan masukan dapat dialiri tegangan berapa pun antara 3 Volt hingga 40 Volt DC. *Output* akan diubah menjadi tegangan yang lebih rendah di antara 1,5 Volt hingga 35 Volt DC [24].

2.8. *Limit Switch*

Limit switch adalah komponen mekanis-listrik yang terbuat dari aktuator yang dihubungkan ke kontak. Suatu benda melakukan kontak dengan saklar batas, benda tersebut menggunakan kontaknya untuk mengganggu atau menghasilkan arus listrik. Status normal dari *limit switch* adalah kondisi di mana tanpa adanya stimulasi. *Limit switch* berada pada status normal, ketika kontak tidak tertekan dengan objek lainnya.

Sistem kerja *limit switch* berbeda dengan saklar pada umumnya, jika pada saklar umumnya sistem kerjanya akan diatur atau dikendalikan secara manual oleh manusia (baik diputar atau ditekan). *Limit switch* dibuat dengan sistem kerja yang berbeda, *limit switch* dibuat dengan sistem kerja yang dikendalikan oleh dorongan atau tekanan (kontak fisik) dari gerakan suatu objek pada aktuator, sistem kerja ini bertujuan untuk membatasi gerakan ataupun mengendalikan suatu objek atau mesin, dengan cara memutuskan atau menghubungkan aliran listrik yang melalui terminal kontaknya Gambar 2.9 adalah ilustrasi *limit switch* yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2.9 *Limit Switch* [25]

Gambar 2.9 merupakan *limit switch* atau sakelar, *limit switch* ini banyak digunakan diberbagai pengaturan, kemudahan pemasangan, dan dapat dioperasikan dengan mudah, sama seperti *relay*, *limit switch* juga mempunyai kontak-kontak *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC) namun berbeda secara pengaplikasiannya, *limit switch* perlu ditekan untuk mendapat masukan dengan prinsip kerja seperti saklar [25].

2.9. *Power Supply 12 V*

Catu daya untuk rangkaian adalah transformator dengan tegangan 12 V dan arus 1A. Penelitian ini, *power supply* akan dipisahkan menjadi dua tegangan keluaran 5 V untuk sirkuit mikrokontroler dan 12 V untuk sirkuit motor *driver*. Gambar 2.10 adalah *power supply* atau catu daya sebesar 12 V yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2.10 *Power Supply 12 V* [26]

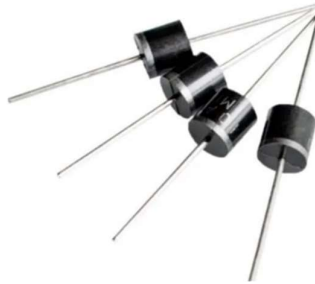
Gambar 2.10 merupakan catu daya bagian paling terpenting dari rangkaian elektronik karena merupakan sumber daya utama yang menyediakan daya ke seluruh rangkaian. Penggunaan catu daya bertujuan untuk memberi daya pada beban dengan tegangan dan arus yang tepat. Arus harus disuplai secara terkendali dan dengan tegangan akurat ke berbagai beban (kadang-kadang secara bersamaan), tanpa membiarkan perubahan dalam tegangan *input* atau perangkat lain yang terhubung mempengaruhi *output* [26].

2.10. **Dioda**

Dioda merupakan suatu unsur yang terdiri dari dua terminal atau kutub yaitu katoda (kutub negatif) dan anoda (kutub positif). Tugas utama yang dilakukan dioda adalah memungkinkan arus listrik mengalir hanya dari anoda ke arah katoda. Pada arah yang berlawanan, dioda mempunyai resistansi yang sangat tinggi sehingga arus sulit melewatinya. Jenis bahan yang digunakan dalam proses pembuatan dioda yakni bahan silikon, germanium, dan lain sebagainya. Dioda dapat digunakan untuk 2 fungsi sekaligus. Misalnya pada satu sisi dapat digunakan sebagai dioda penyearah arus, kemudian sisi lainnya akan digunakan sebagai penghambat arus listrik.

Fungsi utama dioda adalah sebagai penyearah arus. Ini berarti dioda memungkinkan arus listrik mengalir hanya dalam satu arah, sehingga dapat mengubah arus AC (arus bolak-balik) menjadi arus DC (arus searah). Dioda juga digunakan dalam berbagai aplikasi lain seperti pengaturan tegangan, deteksi gelombang radio, dan indikator cahaya. Komponen semikonduktor yang memungkinkan aliran arus listrik hanya dalam satu arah. Fungsi dasar dioda adalah sebagai penyearah, mengubah arus AC menjadi arus DC. Dioda juga digunakan dalam aplikasi seperti stabilisasi tegangan, detektor sinyal, pengamanan arus, dan pemutus sirkuit.

Pengoperasian dioda didasarkan pada fisika semikonduktor. Bahan-bahan ini memiliki dua jenis pembawa muatan yaitu elektron dan lubang. Dioda yang khas adalah dioda semikonduktor sambungan p-n, di mana semikonduktor tipe p (dengan lubang berlebih) dan tipe n (dengan elektron berlebih) digabungkan untuk membentuk sambungan. Efek difusi dan medan listrik, lapisan penipisan (tidak ada pembawa) tercipta di sekitar area *junction*. Gambar 2.11 adalah dioda yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2.11 Dioda [27]

Gambar 2.11 menampilkan bentuk dioda yang merupakan komponen elektronika dengan berbagai penerapannya seperti pada penyearah arus. Tidak hanya sebagai penyearah arus, dioda juga bisa digunakan untuk kebutuhan lain dengan menggunakan jenis dioda yang berbeda, seperti dioda zener untuk mengatur tegangan, LED (*Light Emitting Diode*) untuk emisi cahaya, dan foto dioda sebagai detektor cahaya. Fungsi dioda penting dalam pengaturan aliran arus dan tegangan listrik [27].

2.11. Panel Surya

Panel surya merupakan suatu perangkat yang dapat mengubah energi matahari berupa cahaya menjadi energi listrik. *Solar panel* dibuat sedemikian rupa untuk mengubah cahaya matahari menjadi listrik menggunakan prinsip kerja *photovoltaic*. Berikut adalah Gambar 2.12 panel surya yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2.12 Panel Surya [28]

Gambar 2.12 adalah panel surya yang dimana terdiri atas kumpulan sel surya yang disusun sedemikian rupa agar efektif dalam menyerap sinar matahari. Sel surya yang bertugas menyerap sinar matahari. Sel surya sendiri terdiri dari berbagai komponen atau komponen fotovoltaik yang mampu mengubah cahaya menjadi listrik. Efek *photovoltaic* ini sendiri merupakan suatu fenomena munculnya tegangan listrik yang mana terjadi karena adanya kontak antara dua elektrode yang dihubungkan dengan suatu padatan atau cairan saat terkena atau mendapatkan energi dari cahaya matahari. Panel surya ini merupakan suatu kumpulan dari sel surya yang memiliki fungsi untuk menangkap sinar matahari [28].

Persamaan yang digunakan untuk mencari panel surya dibutuhkan, dengan cara terlebih dahulu menghitung konsumsi daya pada beban yang digunakan dalam penelitian menggunakan Persamaan (2.3).

$$\text{Konsumsi Daya} = V \times I \quad (2.3)$$

Persamaan (2.3) perhitungan panel surya di sini untuk menentukan panel surya yang dibutuhkan selama penelitian yang di mana menghitung terlebih dahulu

konsumsi daya yang digunakan pada komponen seperti Arduino dan motor DC, kemudian dihitung panel surya yang dibutuhkan pada Persamaan (2.4).

$$\text{Panel Surya yang dibutuhkan (Wp)} = \frac{\text{Kebutuhan daya (Wh)}}{\text{EsH}} \quad (2.4)$$

Persamaan (2.4) digunakan untuk menghitung kebutuhan panel dengan mencari konsumsi daya pada Persamaan (2.3), kemudian dikalikan variable waktu berupa jam yang dibutuhkan untuk memberikan daya pada beban, kemudian dibagi dengan *Effective Sun Hour* (waktu sinar matahari efektif).

2.12. Solar Cell Controller (SCC)

Solar Charge Controller (SCC) adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. SCC mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan dari *solar* modul. *Solar module* 12 Volt umumnya memiliki tegangan *output* 16 hingga 21 Volt. Jadi tanpa SCC, baterai 12 Volt akan rusak oleh *overcharging* dan ketidakstabilan tegangan. Gambar 2.13 adalah ilustrasi dari *solar charge controller* yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2.13 *Solar Cell Controller* (SCC) [29]

Gambar 2.13 merupakan *Solar Charger Controller* (SCC) yang berfungsi sebagai mengatur tegangan dan arus untuk pengisian ke baterai, untuk menghindari *overcharging*, dan *overvoltage*. SCC dapat mengatur arus yang dibebaskan atau diambil dari baterai agar baterai tidak *full discharge* dan *overloading*. SCC dapat memantau suhu baterai, yang baik biasanya mempunyai kemampuan dalam mendeteksi kapasitas secara tepat baterai. Baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya atau *solar cell* berhenti. Cara deteksi adalah melalui *monitor* level tegangan baterai. SCC akan mengisi kapasitas baterai

sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan *drop*, maka baterai akan diisi kembali [29].

2.13. Kajian Pustaka

Kajian pustaka adalah acuan utama dalam beberapa penelitian yang sudah pernah dilakukan untuk penelitian ini. Beberapa penelitian terdahulu yang digunakan untuk referensi pembuatan prototipe ini.

Penelitian pertama bertujuan untuk melindungi manusia dari ancaman fisik dan psikis, baik dari manusia maupun binatang, dengan memperbaiki kinerja pintu pagar dibuka dan ditutup menggunakan mikrokontroler serta Android melalui komunikasi berbasis Bluetooth. Metode yang diterapkan terdiri dari tiga tahap yaitu perancangan, pengujian, dan implementasi. Hasil implementasi menunjukkan bahwa pintu pagar dapat dikendalikan dari jarak hingga 25 meter dan hanya dapat dibuka oleh orang yang memiliki akses yang sesuai [13].

Penelitian berikutnya yang menjadi referensi adalah untuk menciptakan alternatif yang lebih ramah pengguna dibandingkan *remote control* tradisional untuk pintu geser dengan memanfaatkan aplikasi *smartphone* Android dan mikrokontroler Arduino. Hal ini dicapai dengan membuat koneksi Bluetooth antara perangkat Android dan modul Bluetooth Arduino. Melalui koneksi ini, ponsel Android dapat mengirimkan data ke Arduino, secara efektif memungkinkan pengguna untuk mengendalikan sistem menggunakan ponsel cerdasnya. Terlihat hasil pengujian, ditemukan bahwa kendali melalui Bluetooth dapat berfungsi dengan baik dalam jarak maksimum sekitar kurang lebih 10 meter. Melebihi jarak tersebut, sistem akan mengalami masalah koneksi. Penggunaan fotodiode juga diterapkan untuk mengendalikan kondisi pintu, seperti pembukaan atau penutupan setengah dari pintu pagar [14].

Penelitian berikutnya adalah bagian dari sistem rumah pintar berbasis *Internet of Things* (IoT). Fungsi sistem adalah mengendalikan gerbang melalui *smartphone*, menggunakan mekanisme *One Time Password* (OTP) dalam proses pembuatan unit kendali melibatkan perakitan sejumlah perangkat elektronik dan pembuatan *motherboard* ditambah dengan modifikasi miniatur gerbang dan pemasangan sistem terintegrasi yang didukung oleh sebuah program yang tertanam.

Kinerja unit kendali dievaluasi melalui serangkaian uji verifikasi meliputi simulasi menggunakan aplikasi Proteus dan uji validasi menggunakan aplikasi bot telegram, yang bertujuan untuk memeriksa respons unit kendali terhadap kondisi-kondisi seperti pembukaan, penutupan, dan penguncian pintu gerbang. Hasil pengembangan unit kendali menunjukkan peningkatan dalam kecepatan dalam memproses pembukaan pintu gerbang dan penutupan pintu gerbang, implementasi *one time password* (OTP) dengan meningkatkan keamanan operasi, serta ketersediaan sumber daya cadangan [15].

Penelitian selanjutnya adalah merancang *prototype* untuk perangkat sistem pengendalian pintu gerbang berbasis Arduino menggunakan sistem operasi Android, untuk penerapan sistem pintu gerbang otomatis yang dapat dikendalikan dari jarak jauh menggunakan mikrokontroler sebagai sistem pengendalian pusat dengan jaringan Bluetooth via aplikasi Android yang dapat diakses dengan jarak 10 meter waktu respons maksimum 3 detik di ruang terbuka. Data didapatkan dengan pengujian koneksi Bluetooth untuk mengetahui jarak transmisi antara Bluetooth HC-05 yang diintegrasikan dengan *board* Arduino Uno, sehingga menghasilkan pengujian *limit switch* yang terdapat kontak jenis *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC) yang menampilkan keakuratan pintu gerbang terbuka dan tertutup setelah eksekusi pintu gerbang otomatis [30].

Penelitian terakhir adalah merancang pengendalian pintu pagar dapat dilakukan dengan menggunakan sebuah *smartphone* Android sebagai antar muka. Pintu pagar yang dirancang juga dapat dikunci dengan menggunakan sebuah kunci elektrik, sehingga pengguna *smartphone* Android dapat mengunci dan membuka kunci pagar. Sistem ini juga dilengkapi dengan sebuah sensor objek yang dapat menahan gerakan pintu pagar agar tidak menutup ketika objek dari arah dalam rumah ingin keluar rumah. Tiap fungsi kunci dan gerak pagar juga dapat dilakukan tanpa koneksi Bluetooth yaitu dengan menggunakan modul tombol manual yang telah dirancang menggunakan mikrokontroler. Setiap fungsi yang dapat dilakukan oleh pintu pagar diprogram menggunakan sebuah mikrokontroler yaitu Arduino Mega. Hasil yang dicapai pada pengujian sistem ini adalah pintu pagar dapat dikendalikan dari jarak jauh menggunakan koneksi Bluetooth untuk melakukan buka atau tutup pintu pagar, serta kunci atau buka kunci pintu pagar. Pintu pagar

dapat dikunci dan buka kunci dari jarak jauh menggunakan program pada *smartphone* Android, selain itu tiap fungsi tersebut dapat dilakukan tanpa koneksi Bluetooth dengan menggunakan tombol manual [31].