

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian [7] perancangan dan implementasi sistem monitoring untuk troli pengikut otomatis supermarket dengan mengintegrasikan Arduino sebagai bagian utama. Pada proyek ini dibuat sebuah sistem untuk memonitoring jarak dan berat pada troli. Proyek ini menggunakan Arduino dan Appinventor untuk menghubungkan sistem dan aplikasi dengan menggunakan modul Bluetooth HC-05. Selain itu, PING ultrasonik digunakan untuk melihat jarak pengguna dengan troli dan sensor berat (*loadcell*) digunakan untuk mengetahui berat beban yang ada pada troli. Cara kerja sistem ini melibatkan pembacaan *input* oleh sensor berat dan PING ultrasonik, kemudian data diproses oleh Arduino dan dikirimkan ke aplikasi Android melalui modul Bluetooth. Aplikasi Android yang dipegang oleh pengguna akan menampilkan informasi mengenai jarak dan berat beban pada troli, memberikan pemahaman kepada pengguna mengenai jarak dan beban maksimal yang dapat ditanggung oleh troli untuk memastikan kinerjanya yang optimal. Dari hasil pengujian, sistem pengukuran berat beban mencapai tingkat akurasi sebesar 97,72%.

Penelitian [9] menggunakan robot *line follower* sebagai pengantar pesanan dan pemesanan menggunakan LCD 20x4, serta dikendalikan oleh Arduino. Hasil dari penelitian ini yaitu robot yang mampu mengantarkan menu makanan dan pesanan ke 4 meja tujuan dengan mengikuti lintasan garis berwarna hitam. Waktu rata-rata dari meja operator ke meja 1 adalah 3,3 detik untuk pergi dan 9,6 detik untuk kembali. Meja 2 waktu yang diperlukan adalah 6,3 detik untuk pergi dan 8 detik untuk kembali. Meja 3 membutuhkan waktu 9 detik untuk pergi dan 6,5 detik untuk kembali, sementara meja 4 memerlukan waktu 10,5 detik untuk pergi dan 3 detik untuk kembali ke meja operator. Perbedaan waktu perjalanan ke setiap meja disebabkan oleh panjang garis lintasan yang berbeda.

Penelitian [10] robot *line follower* berbasis mikrokontroler Arduino uno atmega328 bertujuan untuk memahami proses perakitan dan pemrograman robot,

dengan menggunakan pengamatan berdasarkan latar belakang berwarna hitam dan putih, serta lintasan garis berwarna hitam dan putih. Selain merancang robot, dan juga melakukan percobaan dengan menggunakan dua warna yang berbeda. Percobaan dilakukan sebanyak 10 kali untuk setiap dua pengamatan dengan latar belakang dan lintasan garis yang berbeda. Hasil pengamatan tersebut, terdapat perbedaan yang dapat diamati. Robot *line follower* cenderung lebih cepat dalam membaca instruksi, seperti yang terlihat pada hasil pengamatan pertama. Pada pengamatan tersebut, latar belakang berwarna putih dengan garis lintasan berwarna hitam, dan pola lintasan yang dibuat menyerupai lingkaran yang membujur. Hasil analisis menunjukkan perbedaan waktu sebesar 42,5 detik dalam sepuluh percobaan yang dilakukan dari dua pengamatan yang berbeda.

Penelitian [2] perancangan *prototype* pengantar galon berbasis Arduino menggunakan Bluetooth *receiver* dan GPS *receiver*. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Research and Development*, yang bertujuan untuk menghasilkan produk dan menguji keefektifannya. Pengujian sistem dilakukan dengan menguji berbagai komponen, termasuk Motor DC, Sensor GY-271, Sensor GPS UBlok Neo 6M, Bluetooth HC-05, dan Motor *Driver* L293D. Pengujian prototipe pengantar galon dilakukan dengan mengaktifkan tombol on/off pada perangkat. HW-140 *Step up down* digunakan sebagai pengatur tenaga listrik, sementara baterai li-ion menyediakan daya untuk Arduino Mega yang berfungsi sebagai mikrokontroler dengan Motor *Driver* sebagai *output* ke motor DC sebagai penggerak roda. Sensor GPS *Receiver* mendeteksi lokasi alat, sedangkan sensor Bluetooth *receiver* menghubungkan ke aplikasi pada *smartphone* sebagai pengendali. Hasil pengujian pada koordinat 1 dan koordinat 2 menunjukkan bahwa semakin berat beban galon berisi air yang dibawa, waktu tempuh rata-rata bertambah, dan kecepatan rata-rata berkurang hingga robot mencapai kapasitas maksimumnya. Alat berhasil beroperasi sesuai dengan konsep dasar yang telah dirancang.

Penelitian [11] rancang bangun pengantar obat dan makanan pasien berbasis *internet of things* bertujuan untuk merancang sebuah robot untuk membantu pekerjaan tenaga medis, khususnya dalam mengirimkan obat dan makanan kepada pasien. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini

adalah metode *waterfall*. Pengujian robot dilakukan dengan menguji jarak kendali untuk mengevaluasi batas jauhnya robot dapat dikendalikan. Robot ini terdiri dari tiga tingkat dan dilengkapi dengan empat roda. Sistem kerja robot ini dikontrol oleh empat tombol, yaitu maju, mundur, kiri, dan kanan, yang dapat dioperasikan oleh pengguna melalui aplikasi kontrol. Instruksi tersebut dikirimkan ke NodeMCu ESP8266, kemudian diteruskan ke Motor *Driver* L298n sebagai pengaturan tegangan sistem secara keseluruhan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan berjalan dengan baik.

Penelitian [1] perancangan sistem kendali nirkabel robot pengantar barang AWH16 menggunakan modul *Bluetooth*. AWH16 merupakan sistem robot pengantar barang yang dikendalikan secara nirkabel menggunakan modul *Bluetooth* HC05. Modul ini bertanggung jawab untuk menggerakkan robot agar dapat bergerak maju dan berbelok saat mengantarkan barang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa modul *Bluetooth* HC05 dapat mencapai jarak hingga 10meter atau 1000cm tanpa adanya halangan. Namun, ketika terdapat halangan, jarak yang dapat dicapai oleh *Bluetooth* HC05 berkurang menjadi 9 meter. Kecepatan rata-rata robot saat bergerak lurus dengan beban 2 kg adalah sekitar 0,099 m/s, sedangkan dengan beban 20 kg, kecepatan rata-rata yang diperoleh adalah sekitar 0,080 m/s. Pada saat robot berbelok 90 derajat dengan beban 2 kg, kecepatan rata-rata yang tercatat adalah sekitar 0,236 m/s, sedangkan dengan beban 20 kg, kecepatan rata-rata yang tercatat adalah sekitar 0,188 m/s. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa modul *Bluetooth* HC05 dapat diaplikasikan untuk mengendalikan robot pengantar barang dengan sistem kendali jarak jauh.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan bahwa belum ada penelitian untuk robot pengantar galon yang menggunakan modul RF *Wireless Transmitter Receiver* dan juga mikrokontroler Arduino mega. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan pengembangan robot semi manual yang mengangkut galon dengan modul RF *Wireless Transmitter* dan *Receiver*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan sebuah robot yang dapat mengangkut galon dan berjalan mengikuti kendali semi manual sehingga diharapkan dapat meringankan pekerjaan manusia serta menghemat waktu.

## **2.2 DASAR TEORI**

### **2.2.1 Robotika dan Kendali Robot**

Kata "robot" berasal dari bahasa Ceko (*Czech*) yang berarti "pekerja". Robot adalah perangkat mekanik yang dapat melakukan tugas-tugas fisik, baik di bawah kendali manusia maupun secara otomatis melalui program yang telah ditentukan sebelumnya atau menggunakan kecerdasan buatan *artificial intelligence* (AI). Perkembangan robotika melibatkan berbagai disiplin ilmu seperti teknik mekanik, teknik listrik, dan ilmu komputer, dengan tujuan utama untuk membantu atau menggantikan manusia dalam tugas-tugas yang sulit, berulang, atau berbahaya.

Sistem kendali robot melibatkan sensor, pengendali, dan aktuator untuk mengatur gerakan dan tindakan robot. Sensor mengumpulkan data dari lingkungan, yang kemudian diproses oleh pengendali untuk mengirim perintah ke aktuator agar robot bergerak sesuai yang diinginkan. Metode kendali yang umum digunakan adalah kontrol *Proportional-Integral-Derivative* (PID) untuk mengatur kecepatan dan posisi dengan presisi tinggi. Algoritma kecerdasan buatan seperti machine learning memungkinkan robot belajar dari pengalaman dan meningkatkan kinerjanya. Implementasi sistem kendali yang baik memastikan operasi robot yang efisien dan aman dalam berbagai lingkungan kerja [12].

### **2.2.2 Robot *Mobile***

Robot *mobile* atau *mobile* robot adalah jenis robot yang memiliki ciri khas berupa aktuator berupa roda yang digunakan untuk menggerakkan seluruh badan robot, memungkinkan robot tersebut berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya. Robot *mobile* adalah jenis robot yang dapat bergerak dalam lingkungannya. Pergerakan ini bisa dicapai dengan menggunakan berbagai mekanisme seperti roda, kaki, atau lintasan. Robot *mobile* diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk eksplorasi, pemetaan, pengawasan, dan layanan [13].

### **2.2.3 Mikrokontroler**

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* berbentuk sirkuit terpadu *Integrated Circuit* (IC) yang memiliki kemampuan untuk menerima sinyal masukan,

mengolahnya, dan menghasilkan sinyal keluaran sesuai dengan program yang telah diatur di dalamnya. Sinyal masukan pada mikrokontroler berasal dari sensor yang mengumpulkan informasi dari lingkungan sekitarnya, sedangkan sinyal keluaran ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek atau pengaruh terhadap lingkungan tersebut. Dengan kata lain, mikrokontroler dapat dianggap sebagai "otak" dari suatu perangkat atau produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. Mikrokontroler secara mendasar adalah sebuah komputer yang terintegrasi dalam satu chip, dimana di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur *Input/Output* (I/O), dan komponen tambahan lainnya. Namun, kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler umumnya lebih rendah dibandingkan dengan komputer PC. Saat ini, kecepatan mikroprosesor yang digunakan pada PC mencapai orde *gigahertz* (GHz), sementara kecepatan operasi mikrokontroler biasanya berkisar antara 1 hingga 16 *megahertz* (MHz). Selain itu, kapasitas RAM dan ROM pada PC dapat mencapai orde *gigabyte* (GB), sedangkan pada mikrokontroler kapasitasnya hanya sekitar *byte* atau *kilobyte* (KB)[10].

Mikrokontroler digunakan dalam berbagai bidang, termasuk:

- 1) Otomotif: digunakan dalam unit kontrol mesin (*Engine Control Unit*), Sistem *Air Bag*, pengendalian bahan bakar, *Antilock Braking System*, sistem pengaman alarm, transmisi otomatis, sistem hiburan, pengendali pengkondisian udara, *speedometer* dan *odometer*, navigasi, serta *suspensi* aktif.
- 2) Perlengkapan rumah tangga dan perkantoran: digunakan dalam sistem pengaman alarm, *remote control*, mesin cuci, *microwave*, pengendali pengkondisian udara, timbangan digital, mesin fotokopi, *printer*, serta *mouse*.
- 3) Pengendali peralatan industri.
- 4) Robotika [10].

Sebuah mikrokontroler dapat beroperasi ketika telah diprogram dengan memasukkan program ke dalam *chip* IC mikrokontroler tersebut. Proses pengisian program dilakukan dengan menggunakan tipe data heksadesimal (*Hex file*), yang berisi instruksi atau perintah yang diperlukan untuk menjalankan sistem kontrol sesuai dengan kebutuhan pengguna. Jika dibandingkan dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyertakan I/O, sementara pada mikroprosesor memerlukan

komponen tambahan untuk memproses I/O tersebut. Mikrokontroler memiliki memori internal sebagai tempat penyimpanan program dan data, sementara mikroprosesor tidak memiliki memori internal. Kelebihan tersebut, ditambah dengan harga yang terjangkau, membuat pengguna dalam bidang rangkaian elektronika cenderung memilih mikrokontroler. Mikrokontroler dan mikroprosesor memiliki fungsi yang sama sebagai pengendali. Mikrokontroler sering disebut sebagai pengendali kecil karena komponen elektronik kompleks seperti transistor, IC TTL, dan CMOS dapat diperkecil, terpusat, dan dikendalikan menggunakan mikrokontroler. Dengan menggunakan mikrokontroler, rangkaian elektronika menjadi lebih sederhana karena sistemnya dapat diubah dengan lebih mudah sesuai dengan kebutuhan pengguna atau dimodifikasi [14].

#### **2.2.4 Papan Mikrokontroler**

Papan mikrokontroler merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengembangkan proyek dan sistem tertanam, diprogram untuk menjalankan tugas otomatisasi dan kontrol. Dalam penelitian ini, pin-pin seperti (*Serial Peripheral Interface*) SPI, serta pin analog A0 dan A1, digunakan secara intensif. Pin SPI memungkinkan komunikasi cepat dan efisien dengan modul komunikasi nirkabel seperti NRF24L01+PA+LNA, sementara pin A0 dan A1 berfungsi untuk membaca sinyal analog dari *joystick*. Selain itu, pin digital digunakan untuk mengendalikan motor melalui modul *Dual Motor Driver H-bridge*, dengan PWM untuk mengatur kecepatan dan arah. Papan ini menyediakan platform yang mudah diakses untuk prototipe, memungkinkan pengujian dan pengembangan sistem kontrol kursi roda yang efisien. Papan mikrokontroler mendukung berbagai aplikasi mulai dari proyek kerajinan sendiri hingga pengembangan produk komersial, serta sering digunakan dalam pendidikan untuk mengajarkan konsep dasar pemrograman dan sistem tertanam [15].

#### **2.2.5 Modul Joystick**

Modul *joystick* adalah komponen berbentuk tuas atau stik yang dapat digerakkan ke berbagai arah untuk menentukan posisi yang diinginkan. Modul ini umumnya memiliki dua sumbu, yaitu sumbu X dan sumbu Y, serta satu tombol

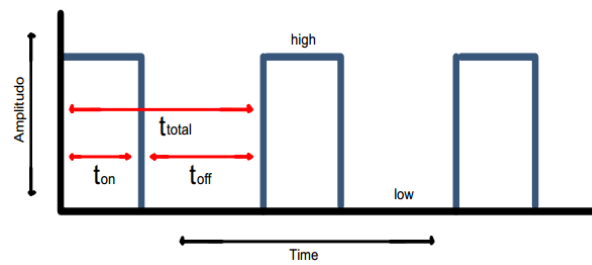
tekan. Dalam penelitian ini, *joystick* digunakan untuk mengendalikan pergerakan roda[16].

### **2.2.6 Serial Peripheral Interface (SPI)**

*Serial Peripheral Interface* (SPI) adalah protokol komunikasi serial yang memungkinkan transfer data antara mikrokontroler dan perangkat perifer dengan kecepatan tinggi, menggunakan sistem *master-slave*. Protokol ini memanfaatkan empat jalur utama: *Master Out Slave In* (MOSI) untuk mengirim data dari *master* ke *slave*, *Master In Slave Out* (MISO) untuk mengirim data dari *slave* ke *master*, *Serial Clock* (SCLK) sebagai sinyal *clock* yang dihasilkan oleh *master*, dan *Slave Select* (SS) untuk memilih *slave* yang akan berkomunikasi, dengan kondisi aktif rendah. SPI mendukung komunikasi cepat dengan mode transfer data yang dapat disesuaikan, berdasarkan pengaturan *clock polarity* (CPOL) dan *clock phase* (CPHA). Protokol ini sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan transfer data yang cepat dan efisien, seperti sensor, modul memori, *display*, dan modul komunikasi nirkabel. Dalam penelitian ini, SPI digunakan untuk komunikasi antara mikrokontroler dan modul NRF24L01+PA+LNA, memastikan transfer data yang cepat dan handal [17].

### **2.2.7 Pulse Width Modulation (PWM)**

PWM adalah teknik yang melibatkan perbandingan antara sinyal pembawa dan sinyal modulasi untuk menghasilkan sinyal persegi dengan lebar pulsa yang bervariasi. Lebar pulsa ini dapat diatur menggunakan *duty cycle*, yang merupakan persentase dari periode sinyal yang berada dalam keadaan tinggi (*high*) versus rendah (*low*). Persentase *duty cycle* berbanding lurus dengan tegangan rata-rata yang dihasilkan. Dengan demikian, sinyal PWM memiliki lebar pulsa yang bervariasi sesuai dengan *duty cycle* yang ditentukan, *Duty cycle* yang lebih tinggi atau lebih rendah akan menyesuaikan lebar pulsa sehingga mengatur tegangan rata-rata yang diterapkan ke motor atau perangkat lain yang dikendalikan oleh sinyal PWM. Ini memungkinkan kontrol presisi atas perangkat tersebut, yang sangat penting dalam aplikasi seperti pengendalian kecepatan motor [18].



**Gambar 2. 1** Sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) [18]

Dalam Gambar 2.1 Sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM)  $t_{on}$  adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi *high* atau berlogika 1.  $t_{off}$  adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi *low* atau berlogika 0.  $t_{total}$  adalah waktu satu siklus atau penjumlahan antara  $t_{on}$  dengan  $t_{off}$ , biasa dikenal dengan “periode satu gelombang” [18].

$$t_{total} = t_{on} + t_{off}$$

siklus kerja atau *duty cycle* sebuah gelombang didefenisikan sebagai,

$$D = \frac{t_{on}}{(t_{on} + t_{off})} \times 100\%$$

Tegangan keluaran dapat bervariasi dengan *duty cycle* dan dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$V_{out} = D \times V_{in} \quad [18]$$

### 2.2.8 *Duty Cycle*

*Duty cycle* adalah ukuran yang menunjukkan berapa lama sinyal berada dalam kondisi *high* selama satu periode sinyal, dinyatakan dalam bentuk persentase (%) dengan rentang 0-100%. Sebagai contoh, jika sinyal berada dalam kondisi *high* selama separuh dari periode total, *duty cycle*-nya adalah 50%. *Duty cycle* banyak digunakan dalam aplikasi elektronik seperti modulasi lebar pulsa (PWM) untuk mengatur kecepatan motor, kecerahan lampu LED, dan berbagai sistem kendali lainnya. Dengan mengatur *duty cycle*, sehingga dapat mengontrol daya rata-rata yang disalurkan ke perangkat, memungkinkan kontrol yang efisien dan presisi [19].



### **2.2.9 Modul RF Nirkabel**

Modul RF nirkabel merupakan perangkat yang memfasilitasi komunikasi data nirkabel menggunakan frekuensi radio. Dalam penelitian ini, modul RF nirkabel digunakan untuk menghubungkan pengendali *joystick* dengan sistem kontrol motor pada robot pembawa galon air, memungkinkan kendali jarak jauh yang efisien dan andal. Modul ini beroperasi pada frekuensi 2.4 GHz, bagian dari spektrum ISM (*Industrial, Scientific, and Medical*) yang dapat digunakan secara global tanpa memerlukan lisensi khusus. Modul ini memanfaatkan protokol komunikasi SPI untuk berinteraksi dengan mikrokontroler, memastikan jalur komunikasi yang cepat dan stabil. Penggunaan *Power Amplifier* (PA) dan *Low Noise Amplifier* (LNA) dalam modul NRF24L01+PA+LNA meningkatkan daya transmisi dan sensitivitas penerimaan, sehingga memperluas jangkauan komunikasi dan meningkatkan keandalannya. Teknologi modulasi dan demodulasi yang diterapkan dalam modul RF ini menjamin transfer data yang akurat dan tahan terhadap interferensi, yang sangat penting dalam aplikasi kontrol jarak jauh yang memerlukan respons cepat dan presisi tinggi. Dengan integrasi modul RF nirkabel ke dalam sistem, penelitian ini memanfaatkan keunggulan komunikasi nirkabel untuk meningkatkan fleksibilitas dan kinerja kontrol pada robot pembawa galon air [20].

### **2.2.10 Papan Adaptor Soket RF Nirkabel**

Papan Adaptor Soket RF Nirkabel adalah komponen yang digunakan untuk menghubungkan modul RF, seperti NRF24L01+PA+LNA, dengan mikrokontroler, sehingga komunikasi nirkabel dapat berjalan dengan stabil dan andal. Dalam penelitian ini, papan adaptor ini berperan penting dalam menghubungkan pengendali *joystick* dengan sistem kontrol motor pada robot pembawa galon air. Papan adaptor biasanya dilengkapi dengan regulator tegangan dan filter yang menyediakan daya stabil bagi modul RF serta memastikan sinyal yang bersih dan minim gangguan. Penggunaan papan adaptor soket mempermudah pemasangan dan konfigurasi modul RF, meningkatkan keandalan sistem komunikasi nirkabel dalam aplikasi kendali jarak jauh pada robot. Dengan integrasi yang lebih baik antara

komponen nirkabel dan mikrokontroler, papan adaptor ini memastikan kinerja optimal dalam mengendalikan robot pembawa galon air [21].

### **2.2.11 MOSFET**

*Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor* (MOSFET) adalah komponen esensial dalam penelitian ini, digunakan pada modul pengendali motor *H-bridge* untuk mengatur motor pada robot pembawa galon air. *MOSFET* berfungsi sebagai sakelar elektronik yang efisien, memungkinkan kontrol arus besar dengan hanya menggunakan tegangan kecil pada gerbangnya. Dalam konfigurasi *H-bridge*, *MOSFET* memungkinkan perubahan arah arus yang melewati motor, sehingga memudahkan kontrol arah dan kecepatan motor. *MOSFET* tipe N-channel, seperti IRF3205, dipilih karena resistansinya yang rendah saat aktif, mengurangi kehilangan daya dan meningkatkan efisiensi. Penggunaan *MOSFET* dalam *H-bridge* memastikan respons cepat dan kontrol presisi, yang sangat penting untuk aplikasi robotik yang membutuhkan pengendalian motor yang akurat dan andal. Dengan sifat-sifat ini, *MOSFET* menjadi komponen kunci dalam sistem kontrol robot, memastikan operasi yang efisien dan keandalan tinggi dalam menggerakkan beban berat seperti galon air [22].

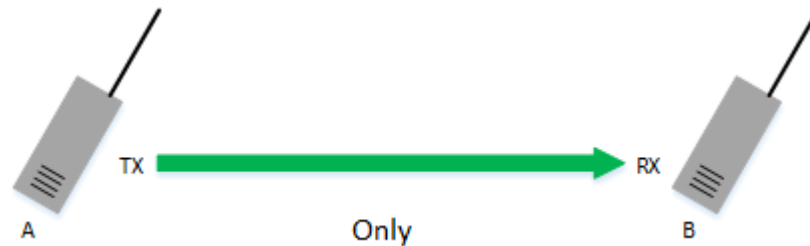
### **2.2.12 Motor DC Magnet Permanen**

Motor DC magnet permanen adalah jenis motor listrik yang menggunakan magnet permanen untuk menghasilkan medan magnet tetap di dalam stator, yang berinteraksi dengan arus listrik di rotor untuk menghasilkan torsi. Dalam penelitian ini, motor DC magnet permanen digunakan untuk menggerakkan robot pembawa galon air. Keunggulan utama dari motor ini adalah efisiensinya yang tinggi dan konstruksi yang sederhana, yang mengurangi kebutuhan perawatan. Motor DC magnet permanen dapat dikendalikan dengan presisi melalui modul pengendali motor *H-bridge*, yang memungkinkan perubahan arah dan kecepatan putaran motor melalui sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*). Motor ini sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan kontrol kecepatan dan arah yang akurat, serta kemampuan untuk menangani beban berat, seperti pada robot pembawa galon air. Penggunaan motor DC magnet permanen dalam sistem ini memastikan kinerja yang

andal dan responsif, menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi robotik yang memerlukan daya dan kontrol yang efisien [23].

### 2.2.13 Simplex

Komunikasi *simplex* adalah jenis komunikasi di mana data atau informasi dapat mengalir hanya dalam satu arah pada suatu waktu.



**Gambar 2.2 Prinsip Komunikasi Simplex [24]**

Pada gambar 2.2 prinsip sistem ini, pengirim data dapat mengirimkan informasi ke penerima, tetapi tidak ada kemampuan untuk penerima untuk merespons atau mengirim balik informasi secara langsung melalui jalur yang sama. Contoh aplikasi dari komunikasi *simplex* termasuk sistem *paging* di mana pesan hanya dapat ditransmisikan dari stasiun basis ke perangkat penerima tanpa kemungkinan balasan. Keuntamaan utama dari komunikasi *simplex* adalah kemudahan dan efisiensi biaya, karena tidak memerlukan saluran terpisah untuk umpan balik atau tanggapan dari penerima. Komunikasi *simplex* sering diterapkan dalam aplikasi berdaya rendah dan berbiaya rendah, seperti perangkat rumah pintar dan *Internet of Things* (IoT). Dalam konteks ini, perangkat hanya perlu menerima instruksi atau informasi dari sumber pengirim, tanpa perlu mengirimkan tanggapan kembali secara langsung. [24].