

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Robotika adalah salah satu bidang dengan penelitian terbanyak, walau berlawanan dengan persepsi manusia, robotika memberikan kemudahan dan nyaman dengan akurasi tinggi dalam menyelesaikan permasalahan kompleks hingga kegiatan sehari-hari. Seiring perkembangannya, robotika telah tumbuh dalam berbagai aspek, dari bentuk portable dan mudah dibawa hingga kendaraan dan alat perang (Permana & Prajitno, 2019).

Di Indonesia, stroke merupakan salah satu penyebab utama kecacatan yang signifikan, yang mengakibatkan banyak pasien mengalami kesulitan dalam mobilitas. Menurut data dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, prevalensi stroke di negara ini terus meningkat, dan banyak pasien yang mengalami dampak jangka panjang seperti kelumpuhan pada anggota tubuh. Hal ini menyebabkan kebutuhan mendesak akan solusi mobilitas yang lebih baik bagi individu dengan keterbatasan fisik, terutama bagi mereka yang tidak dapat menggunakan tangan atau kaki mereka untuk mengoperasikan alat bantu seperti kursi roda (Tamam, 2020).

Kursi roda tradisional, meskipun memberikan bantuan mobilitas, sering kali tidak memadai bagi pengguna dengan kombinasi keterbatasan fisik dan kognitif. Kursi roda manual memerlukan usaha fisik yang cukup besar, sedangkan kursi roda bertenaga yang ada di pasaran biasanya mahal dan membutuhkan keterampilan kognitif serta fisik yang mungkin tidak dimiliki oleh semua pengguna. Oleh karena itu, pengembangan teknologi kursi roda yang lebih inovatif dan terjangkau menjadi sangat penting (Permana & Prajitno, 2019).

Salah satu solusi potensial adalah pengembangan kursi roda yang dikendalikan melalui suara, yang memanfaatkan teknologi pengenalan suara dan Internet of Things (IoT). Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk mengoperasikan kursi roda hanya dengan menggunakan Instruksi suara, sehingga memberikan tingkat kebebasan dan kemandirian yang lebih besar bagi mereka yang mengalami kesulitan dalam bergerak. Dengan menggunakan modul pengenalan suara dan sensor cerdas, kursi roda ini dapat merespons Instruksi pengguna secara real-time, meningkatkan keselamatan dan efisiensi dalam navigasi (Anshar et al., 2019a).



teknologi IoT juga memungkinkan kursi roda untuk terhubung dan memberikan fitur tambahan seperti pemantauan kesehatan (Yulanda, 2021). Hal ini sangat relevan bagi pasien stroke di akses terhadap layanan kesehatan sering kali terbatas. Dengan berbasis suara tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu

mobilitas tetapi juga sebagai alat untuk meningkatkan kualitas hidup secara keseluruhan (Erwin et al., 2023).

Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem mekanisme penggerak prototipe kursi roda menggunakan pengenalan suara berbasis IoT. Dengan fokus pada kebutuhan spesifik pasien stroke di Indonesia, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teknologi asistif yang lebih inklusif dan efektif.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun beberapa rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana menganalisis instruksi suara sebagai sumber *input* dalam sistem kendali kursi roda berbasis *Bluetooth*?
- 2) Bagaimana mengamati respon gerak sistem terhadap variasi perintah suara yang diberikan melalui pengendali berbasis *voice-recognition*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menganalisis instruksi suara sebagai sumber *input* dalam sistem kendali kursi roda miniatur berbasis *Bluetooth*.
- 2) mengamati respon gerak sistem terhadap variasi perintah suara yang diberikan melalui pengendali berbasis *voice recognition*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Penelitian dilakukan pada prototipe kursi roda skala kecil, bukan ukuran asli.
- 2) Sistem hanya merespons lima Instruksi suara: “maju”, “mundur”, “kiri”, “kanan”, dan “berhenti”.
- 3) Pengujian dilakukan di dalam ruangan dengan kondisi suara tenang.
- 4) Analisis hanya mencakup akurasi Instruksi suara dan waktu respons prototipe terhadap Instruksi.

1.5 Manfaat Penelitian

- 1) Bagi Penulis



yarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar eknik Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas
 1.
 gaplikasikan ilmu dan keterampilan yang telah diperoleh pada
 1.

2) Bagi Universitas

- a. Dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian dan pengembangan sintesis sekam padi plastik yang lebih baik.
- b. Dapat dijadikan sebagai bahan referensi bagi generasi-generasi Teknik Mesin yang akan datang dalam pembuatan dan penyusunan tugas akhir.

3) Bagi Masyarakat

- a. Agar mampu memaksimalkan limbah plastik dan sekam padi menjadi produk baru yang lebih berguna.
- b. Sebagai referensi alternatif dalam mengolah limbah plastik dan sekam padi guna melestarikan lingkungan dan memenuhi kebutuhan masyarakat.

1.6 Tinjauan pustaka

1.6.1 Kursi Roda

Kursi roda adalah alat bantu mobilitas yang dirancang untuk memudahkan pergerakan seseorang yang memiliki keterbatasan fisik, khususnya pada bagian tubuh bawah. Secara umum, kursi roda dibagi menjadi dua jenis, yaitu kursi roda manual dan kursi roda elektrik. Kursi roda manual digerakkan dengan tenaga tangan pengguna atau oleh orang lain, sedangkan kursi roda elektrik dilengkapi dengan motor dan sistem kendali elektronik yang memungkinkan pergerakan dilakukan secara otomatis.

Seiring dengan perkembangan teknologi, berbagai inovasi diterapkan dalam sistem kendali kursi roda untuk meningkatkan kenyamanan dan kemandirian pengguna. Salah satunya adalah penggunaan Instruksi suara (*voice-control*) sebagai alternatif pengganti *joystick* atau tombol, sehingga pengguna tidak perlu menggerakkan tangan untuk mengoperasikannya. Hal ini sangat membantu bagi pengguna dengan keterbatasan gerak tangan atau lengan.

1.6.2 Sistem Pengendalian Suara

Voice recognition merupakan kemampuan mesin untuk mendengarkan kata – kata yang diucapkan dan mengidentifikasinya. Kemampuan untuk dapat mengubah suara yang masuk pada komputer ke dalam bentuk teks. *Speech Recognition* menggabungkan ilmu komputer dan linguistik untuk mengidentifikasi kata – kata yang diucapkan dan mengubahnya menjadi teks. Hal ini memungkinkan komputer untuk memahami bahasa manusia. Teknologi *speech recognition* memungkinkan suatu perangkat untuk mengenali dan memahami kata – kata yang diucapkan dengan cara digitalisasi kata dan mencocokkan sinyal digital tersebut dengan suatu



tersimpan pada suatu perangkat. Platform python dapat mengubah kata – kata yang diucapkan menjadi teks, membuat an balasan. Kata – kata yang terucap lalu diubah bentuknya ke engan cara mengubah gelombang suara menjadi sekumpulan rdiian disesuaikan dengan kode–kode tertentu untuk

mengidentifikasi kata-kata tersebut. Hasil dari identifikasi kata yang diucapkan ditampilkan dalam bentuk tulisan atau dapat dibaca oleh perangkat teknologi sebagai sebuah Instruksi untuk melakukan suatu pekerjaan.

1.6.2.1 Mekanisme Pengendalian Suara

Berfokus pada pengembangan sistem kontrol robot seluler yang memanfaatkan Instruksi suara manusia sebagai input. Pendekatan ini mengatasi kompleksitas sistem kontrol tradisional, yang seringkali memerlukan banyak tombol dan perangkat. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental menggunakan modul pengenalan suara (V3.1) dan *Arduino uno* untuk menangkap dan memproses sampel suara, menciptakan database untuk pengenalan suara yang efektif (Utama, 2018). Eksperimen melibatkan 10 peserta, masing-masing melakukan beberapa percobaan, menghasilkan tingkat pengenalan yang berhasil sebesar 82% dalam kisaran 40 meter di luar ruangan. Studi ini menunjukkan potensi teknologi pengenalan suara untuk meningkatkan kegunaan dan fungsionalitas robot seluler dalam berbagai aplikasi (Yulanda, 2021).

1.6.3 Frekuensi dan Intensitas (Desibel) Suara dalam *Voice Recognition*

Suara manusia memiliki karakteristik fisik berupa frekuensi dan intensitas (dB) yang berpengaruh langsung terhadap keberhasilan sistem *voice recognition* dalam mengenali perintah. Frekuensi suara menunjukkan jumlah getaran per detik dan diukur dalam satuan Hertz (Hz), sedangkan intensitas suara menunjukkan kekuatan tekanan gelombang bunyi yang diterima oleh mikrofon, diukur dalam satuan desibel (dB).

Pada sistem pengenalan suara berbasis mikrofon konvensional seperti pada modul *voice-to-text*, jarak antara mulut dan mikrofon menjadi faktor penting. Jarak yang terlalu dekat (kurang dari 10 cm) dapat menyebabkan distorsi karena tekanan akustik tinggi, sedangkan jarak yang terlalu jauh (lebih dari 40 cm) dapat menurunkan amplitudo sinyal sehingga algoritma pengenalan sulit mendeteksi pola fonetik secara konsisten (Anshar et al., 2019b).

Dalam konteks perintah kendali robot atau kursi roda berbasis suara, rentang frekuensi efektif ucapan manusia biasanya berada antara 150–300 Hz untuk suara laki-laki dan 200–400 Hz untuk suara perempuan (Ogata, 2022). Sedangkan tingkat intensitas optimal untuk perekaman perintah berada pada 30–65 dB, yang dianggap cukup kuat untuk dibaca mikrofon namun tidak menimbulkan distorsi.



Desibel perintah suara yang stabil akan meningkatkan akurasi (*accuracy*) dan mengurangi delay karena mikrokontroler yang lebih bersih. Oleh karena itu, pengujian parameter akan dilakukan untuk memastikan bahwa sistem bekerja optimal pada lingkungan (Arthur Angwyn, 2023)

1.6.4 Sistem Otomasi

Sistem ini dirancang untuk menafsirkan Instruksi suara seperti "maju" (maju), "mundur" (mundur), "kanan" (kanan), "kiri" (kiri), dan "berhenti" (berhenti) untuk mengontrol pergerakan robot seluler, mencakup pengumpulan kumpulan data yang terdiri dari Instruksi suara yang dihasilkan manusia. Kumpulan data ini sangat penting untuk melatih model pengenalan suara. Tujuan lain dari penelitian ini adalah untuk menilai keakuratan sistem pengenalan suara dalam mencocokkan Instruksi yang diucapkan dengan gerakan robot seluler yang sesuai

1.6.4.1 Akurasi Sistem Otomasi

Makalah penelitian ini menyelidiki efektivitas sistem pengenalan Instruksi suara untuk mengendalikan robot seluler, memanfaatkan komunikasi WiFi UDP pada platform ESP32. Studi ini menekankan dampak jarak pada keakuratan Instruksi suara, melakukan serangkaian tes pada berbagai jarak: 20 mm, 300 mm, 500 mm, 750 mm, dan 1000 mm, dengan total 250 percobaan dilakukan. Hasilnya mengungkapkan bahwa Instruksi "maju" (maju) mencapai akurasi 70% pada 200 mm, sementara Instruksi lain seperti "berhenti" (berhenti) dan "mundur" (mundur) menunjukkan berbagai tingkat keberhasilan, dengan yang terakhir mencapai akurasi 40% pada 1000 mm. Namun, Instruksi "Kiri" (kiri) secara konsisten mencatat akurasi 0%, menunjukkan tantangan yang signifikan dalam pengenalan, mungkin karena data pelatihan yang tidak memadai atau masalah teknis (Yulanda, 2021). Ada juga penelitian penggunaan teknik augmentasi data untuk meningkatkan kumpulan data pelatihan, yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja keseluruhan sistem pengenalan suara. Pada akhirnya, temuan ini menggaris bawahi peran penting jarak dalam pengenalan Instruksi dan menyoroti area yang perlu ditingkatkan untuk kontrol robot yang lebih andal melalui Instruksi suara (Rahmat Maulana, n.d.)

1.6.5 Logika Kontrol

Logika kontrol pergerakan dalam sistem kursi roda otomatis merupakan bagian dari sistem kendali yang bertanggung jawab untuk menerjemahkan instruksi pengguna menjadi aksi gerak yang spesifik. Sistem ini memanfaatkan mikrokontroler sebagai pusat pemrosesan dan pengambilan keputusan berdasarkan input dari modul *voice recognition*. Menurut (Ogata, 2022), sistem kendali merupakan mekanisme yang dirancang untuk mengatur keluaran berdasarkan masukan tertentu dengan cara yang sistematis dan terprogram. Dalam konteks ini, Instruksi suara menjadi input utama yang kemudian dikendalikan secara logis untuk menghasilkan



dasar dari logika kontrol pergerakan pada prototipe kursi roda *ition* adalah sebagai berikut:

1. Pengguna mengucapkan Instruksi suara seperti “maju”, “mundur”, “kiri”, “kanan”, atau “berhenti”.
2. Modul pengenalan suara (*voice-recognition module*) menerima dan mengidentifikasi kata kunci dari input suara.
3. Mikrokontroler menerima sinyal digital dari modul suara, kemudian memproses sinyal tersebut menggunakan program logika kontrol (*control logic*) yang telah ditanamkan.
4. Mikrokontroler mengirimkan sinyal ke motor driver untuk menentukan arah dan status motor DC.
5. Motor driver mengaktifkan motor sesuai Instruksi: kedua motor bergerak maju, mundur, hanya salah satu motor bergerak (untuk belok), atau kedua motor dihentikan.
 - 1) Instruksi “maju” → kedua motor DC aktif dalam arah maju
 - 2) Instruksi “mundur” → kedua motor DC aktif dalam arah sebaliknya
 - 3) Instruksi “kanan” → motor kiri aktif, motor kanan mati → kendaraan berbelok ke kanan
 - 4) Instruksi “kiri” → motor kanan aktif, motor kiri mati → kendaraan berbelok ke kiri
 - 5) Instruksi “berhenti” → kedua motor DC dimatikan

Menurut (Owen Bishop, 2002), sistem pengendalian berbasis mikrokontroler memungkinkan pemrosesan input logika secara real-time, sehingga respon terhadap Instruksi dapat dilakukan secara cepat dan efisien. Penerapan logika kontrol ini biasanya ditulis dalam bahasa pemrograman C/C++ dan diunggah ke mikrokontroler melalui platform seperti *Arduino ide*. Program akan memetakan input suara menjadi kondisi *if-else* atau *switch-case* yang menentukan aksi motor secara spesifik.

1.6.6 Delay

Delay adalah waktu yang dibutuhkan sistem untuk merespons Instruksi dari pengguna hingga sistem melakukan aksi. Delay dalam sistem *voice recognition* mencakup waktu pemrosesan suara, pengambilan keputusan oleh mikrokontroler, hingga keluaran gerakan motor. Menurut (Ogata, 2022)), dalam sistem kendali terbuka seperti ini, waktu tunda yang terlalu lama akan berdampak terhadap kenyamanan dan efisiensi sistem.



Waktu Pergerakan – Waktu Pemberian Perintah (1)

1.6.7 Frekuensi Putaran Motor

Frekuensi menunjukkan jumlah siklus putaran motor per detik dan digunakan sebagai parameter awal untuk menghitung kecepatan rotasi motor.

$$f = \frac{RPM}{60} \quad (2)$$

1.6.8 Kecepatan Putar Motor (RPM)

RPM (*Revolutions Per Minute*) menyatakan jumlah putaran motor dalam satu menit dan digunakan untuk menganalisis kecepatan gerak kursi roda.

$$RPM = f \cdot 60 \quad (3)$$

1.6.9 Kecepatan Sudut

Kecepatan sudut menunjukkan laju rotasi motor dalam satuan radian per detik dan digunakan untuk analisis gerak rotasi sistem.

$$\omega = \frac{2\pi \cdot RPM}{60} \quad (4)$$

1.6.10 Daya Motor

Daya merupakan hasil kerja motor dalam satuan waktu yang digunakan untuk menghasilkan gerakan mekanis.

$$P = \tau \cdot \omega \quad (5)$$

1.6.11 Torsi Motor

Torsi menunjukkan kemampuan motor menghasilkan gaya putar terhadap poros dan berperan penting dalam pergerakan kursi roda, terutama saat membawa beban atau melakukan manuver.

$$\tau = \frac{P}{\omega} \quad (6)$$

1.6.12 Kendali Proporsional



I menghasilkan keluaran yang sebanding dengan besaran nilai referensi dan keluaran aktual sistem.

$$u(t) = Kp \cdot e(t) \quad (7)$$

1.6.13 Kendali Proporsional–Integral–Derivatif (PID)

Kendali PID digunakan untuk meningkatkan kestabilan dan respons sistem dengan mengombinasikan aksi proporsional, integral, dan derivatif terhadap error sistem.

$$u(t) = Kp e(t) + Ki \int e(t) dt + Kd \frac{de(t)}{dt} \quad (8)$$

1.6.14 Percepatan Sudut dan Linear

Percepatan linear menyatakan perubahan kecepatan sistem terhadap waktu dan digunakan untuk menjelaskan respon awal gerakan kursi roda. Percepatan sudut menunjukkan perubahan kecepatan sudut motor terhadap waktu dan berkaitan dengan respon dinamis sistem.

$$a = \Delta t / \Delta v \quad (9)$$

$$\alpha = \Delta t / \Delta \omega \quad (10)$$

1.6.15 Presentase Error Data

Akurasi digunakan untuk mengukur tingkat keberhasilan sistem dalam mengenali instruksi suara dengan benar.

$$Error = \left(\frac{Data\ Simulasi - Data\ Pengujian}{Data\ Pengujian} \right) \times 100\% \quad (11)$$

1.6.16 Internet of Things

IoT adalah konsep menghubungkan perangkat elektronik ke internet agar dapat saling berkomunikasi, mengirim data, dan dikendalikan dari jarak jauh. Dalam konteks kursi roda, *IoT* memungkinkan kontrol dan pemantauan melalui aplikasi mobile atau cloud, serta pencatatan data (log) secara real-time. Platform populer yang digunakan antara lain *Blynk*, *Firebase*, dan *Thingspeak*.

Dengan integrasi *voice-recognition* dan *Internet of Things*, sistem kursi roda menjadi lebih fleksibel, responsif, dan dapat dikembangkan untuk kebutuhan pengguna difabel dengan teknologi modern.



BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2024 di *Robotics and Control* Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Jalan poros Malino, Km.6 Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Kota Makassar, Sulawesi Selatan.

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

1. *Arduino Mega 2560*

Arduino Mega 2560 menggunakan Integrated Circuit (IC) mikrokontroler ATmega 2560. Board ini memiliki pin I/O yang relatif banyak yaitu 54 buah pin input/output digital (15 buah di antaranya dapat di gunakan sebagai output Pulse Width Modulation (PWM), 16 buah analog input, 4 Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART). *Arduino Mega 2560* di lengkapi kristal 16 Mhz. Untuk penggunaannya relative sederhana, tinggal menghubungkan power dari USB ke PC / Laptop atau melalui jack DC dengan adaptor 7-12 V DC. Berikut merupakan spesifikasi *Arduino Mega 2560* yang tertera pada Grafik 1 (Halim, 2018).

Table 1. Spesifikasi *Arduino Mega 2560*

Nama	Spesifikasi
Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasional	5V
Tegangan Input (rekomendasi)	7-12 V
Tegangan Input (limit)	6-20 V
Pin Digital I/O	54
Pin Analog Input	16
Arus DC per Pin I/O	20 mA
Arus DC untuk Pin 3.3 V	50 mA
ash	256 KB
	8 KB



3. Sel Baterai

Baterai Energizer 23A Alkaline 12V adalah baterai miniatur yang dirancang untuk memberikan daya tinggi dalam ukuran kecil, sangat cocok untuk aplikasi seperti remote kontrol dan perangkat IoT, termasuk prototipe kursi roda berbasis pengenalan suara. Baterai ini memiliki spesifikasi sebagai berikut: tegangan 12V, diameter 10,3 mm, dan panjang 28,5 mm. Dengan komposisi alkaline, baterai ini menawarkan kinerja yang stabil dan tahan lama, menjadikannya pilihan ideal untuk berbagai perangkat elektronik yang memerlukan sumber daya yang handal dan efisien. Penggunaan baterai ini dalam sistem penggerak kursi roda memungkinkan operasi yang lebih baik dan responsif terhadap Instruksi suara, meningkatkan fungsionalitas alat bantu bagi individu dengan keterbatasan mobilitas.



Gambar 3. Sel baterai

4. Motor DC RS-380

Motor DC model RS-380, merupakan komponen penting dalam desain prototipe kursi roda yang dikendalikan suara yang dibahas dalam tesis ini. Motor ini beroperasi pada tegangan pengenal 3.6V dan menarik arus pengenal 0.8A dalam kondisi tanpa beban, memungkinkannya mencapai kecepatan yang mengesankan 13.087 putaran per menit (rpm).



Gambar 4. Motor DC RS-380



5. HC-06 Module Bluetooth

Modul *Bluetooth* HC-06 adalah perangkat yang banyak digunakan yang dirancang untuk membangun komunikasi nirkabel jarak pendek, menjadikannya komponen ideal untuk prototipe kursi roda yang dikendalikan suara yang dibahas dalam penelitian ini. Beroperasi pada protokol *Bluetooth* V2.0, HC-06 berfungsi sebagai perangkat slave, memungkinkannya terhubung ke perangkat *Bluetooth* master untuk transmisi data. Ini mendukung rentang frekuensi 2.402 GHz hingga 2.480 GHz dan memiliki jarak transmisi tipikal 20 hingga 30 meter di ruang terbuka.



Gambar 5. Motor DC RS-380

6. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Modul Sensor Ultrasonik HC-SR04 adalah komponen penting untuk proyek yang memerlukan pengukuran jarak dan deteksi rintangan, sehingga sangat relevan untuk prototipe kursi roda yang dikendalikan suara yang dibahas dalam penelitian ini. Sensor ini beroperasi pada tegangan kerja 5V DC dan memiliki konsumsi arus statis kurang dari 2mA, memastikan penggunaan daya yang rendah. Ini dapat mendeteksi jarak mulai dari 20 mm hingga 4500 mm dengan presisi tinggi hingga 3 mm, sehingga cocok untuk aplikasi jarak dekat. Sensor memancarkan pulsa pemicu 10 mikrodetik (μs) untuk memulai pengukuran dan memberikan sinyal gema yang mengeluarkan sinyal lebar pulsa TTL, memfasilitasi integrasi yang mudah dengan mikrokontroler seperti *Arduino*. Dengan sudut deteksi tidak lebih dari 15 derajat, HC-SR04 ideal untuk mengukur jarak secara akurat di ruang sempit, meningkatkan kemampuan navigasi perangkat bantu seperti kursi roda dengan memungkinkan penghindaran rintangan secara real-time.





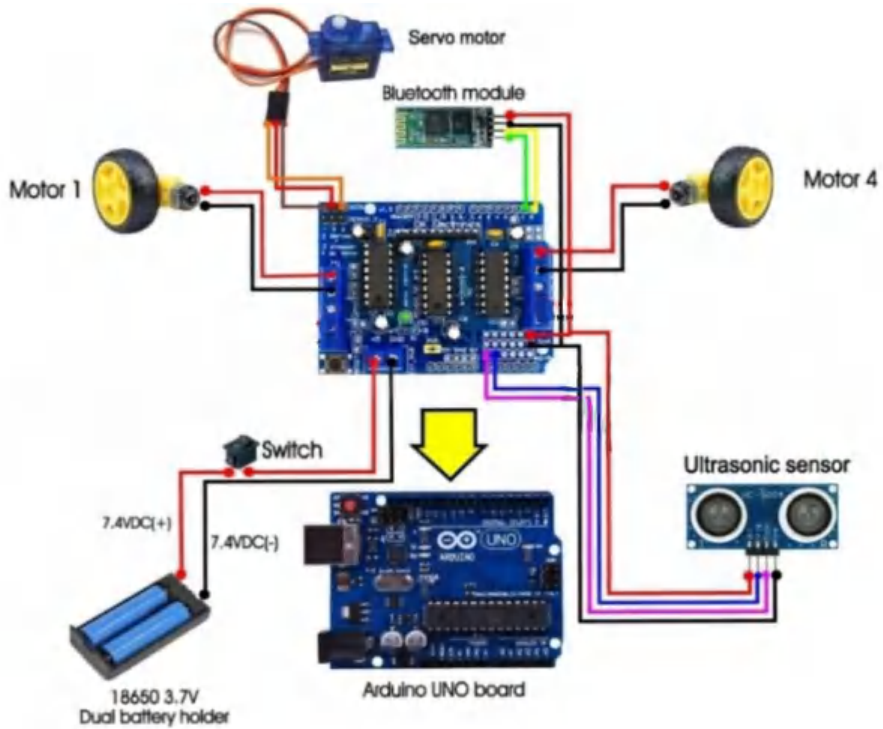
Gambar 6. Sensor Ultrasonik HC-SR04

7. Perangkat Lunak

- 1) *Arduino ide*
Perangkat lunak untuk menulis dan menginput program ke dalam *Arduino uno*, penting untuk mengintegrasikan *voice-recognition* dan kendali motor.
- 2) *Arduino BlueControl*
Aplikasi Android yang digunakan untuk mengirim perintah suara atau tombol ke *Arduino* melalui koneksi *Bluetooth* sebagai kontrol gerak kursi roda.
- 3) *Tachometer Engineer*
Aplikasi pengukur RPM motor menggunakan kamera ponsel, digunakan untuk memperoleh data kecepatan motor dalam penelitian ini.
- 4) *Spectroid*
Aplikasi spektrum analyzer yang digunakan untuk mengamati frekuensi suara perintah guna mendukung proses pengenalan suara oleh sistem.
- 5) *Matlab*
Aplikasi simulasi untuk melakukan pengujian simulink PID



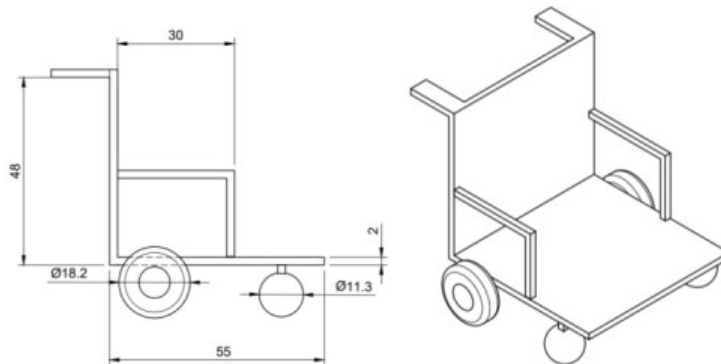
2.3 Perancangan *Hardware*



Gambar 7. Perakitan hardware



Dengan skala perbandingan sebesar 1;2,5 dari kursi roda asli.



Gambar 8. Desain kursi roda

2.3.1 Studi Kepustakaan

Studi kepustakaan merupakan pengambilan data yang diperoleh dengan membaca dan mengumpulkan data-data teoritis melalui buku-buku, tulisan ilmiah, literatur serta catatan perkuliahan yang bersangkutan dengan masalah-masalah yang akan dibahas, sehingga diperoleh landasan yang digunakan dalam pemecahan masalah tersebut.

2.3.2 Studi Lapangan

Studi lapangan merupakan pengambilan data yang diperoleh dengan mengumpulkan data langsung dari analisa yang dilakukan dari tempat penelitian, meliputi setiap hasil penelitian, foto-foto, dan data yang relevan terhadap penelitian. Ini bisa berbentuk tulisan dan gambar sehingga mengelolanya dalam bentuk Grafik dan Gambar.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Perakitan *Hardware*

- 1) Pengaturan Mikrokontroler
Menyiapkan mikrokontroler *Arduino* Mega. Komponen ini akan berfungsi sebagai pengendali utama semua operasi berdasarkan Instruksi suara.
- 2) Integrasi Driver Motor
Menhubungkan driver motor L293D ke *Arduino*. Driver akan mengontrol kecepatan motor DC yang menggerakkan kursi roda.
Motor
motor DC ke sasis kursi roda. Memastikan motor terpasang rapi dan sejajar dengan roda untuk gerakan yang efektif.
ul *Bluetooth*



Integrasikan modul *Bluetooth* (misalnya, HC-05) dengan *Arduino* untuk memfasilitasi komunikasi nirkabel antara kursi roda dan perangkat seluler, memungkinkan Instruksi suara dikirim dari aplikasi.

5) Modul Pengenalan Suara

Hubungkan modul pengenalan suara *Google Voice/Arduino Voice Control* melalui aplikasi *smartphone*. Modul ini akan mengubah Instruksi lisan menjadi sinyal digital yang dapat diproses oleh *Arduino*.

6) Integrasi Sensor

Sensor ultrasonik untuk deteksi rintangan, disambungkan ke *Arduino*. Ini akan meningkatkan keamanan dengan memungkinkan kursi roda mendeteksi dan menghindari rintangan di jalurnya.

7) Perakitan Akhir

Hubungkan catu daya (misalnya, baterai 12V) untuk menyediakan daya yang cukup untuk semua komponen.

2.4.2 Pengembangan Software

1) Pemrograman *Arduino*

- a. Inisialisasi komponen (motor, sensor, *bluetooth*)
- b. Alur pemrosesan Instruksi suara yang diterima melalui *bluetooth*
- c. Algoritma kontrol untuk pengoperasian motor berdasarkan Instruksi yang dikenali (maju, mundur, kiri, kanan, berhenti)
- d. Deteksi jarak rintangan menggunakan sensor ultrasonik

2) Penyediaan *Interface Voice-Input* yang dapat dikonfigurasi aplikasi seluler yang ada yang dapat mengirim Instruksi suara melalui *bluetooth* ke *Arduino*

2.4.3 Pengujian Prototipe

Setelah proses perakitan sistem selesai, dilakukan serangkaian pengujian untuk memastikan bahwa prototipe kursi roda miniatur berbasis perintah suara bekerja sesuai rancangan dan memenuhi kriteria performa yang diharapkan. Pengujian dilakukan secara bertahap dengan lima jenis pengujian utama sebagai berikut:

2.4.3.1 Uji Fungsionalitas Komponen

Uji fungsionalitas awal dilakukan untuk memastikan seluruh komponen perangkat keras bekerja dengan baik sebelum sistem dirakit secara menyeluruh. Pengujian meliputi pemeriksaan fungsi modul *Bluetooth* HC-06, motor driver L293D, sensor ultrasonik HC-SR04, serta mikrokontroler *Arduino uno*.



Uji secara individual dengan memberikan sinyal uji sederhana dan responsnya. Modul *Bluetooth* diuji dengan mengirim perintah dari perangkat Android, motor DC diuji dengan perintah logika *ON* untuk memastikan arah putaran, dan sensor ultrasonik diuji untuk mendeteksi objek pada berbagai posisi.

Hasil pengujian ini menjadi dasar untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan benar dan siap untuk dirakit dalam sistem utama sebelum dilakukan pengujian terintegrasi.

2.4.3.2 Uji Parameter Suara (Frekuensi dan Desibel)

Uji karakteristik suara bertujuan untuk mengetahui rentang frekuensi dan tingkat kekerasan (intensitas suara) dari setiap perintah yang digunakan dalam sistem, yaitu “maju”, “mundur”, “kiri”, “kanan”, dan “berhenti”. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa suara perintah yang diberikan berada dalam rentang ideal yang dapat dikenali oleh modul voice recognition.

Pengukuran dilakukan menggunakan aplikasi Spectroid pada smartphone sebagai alat perekam spektrum suara. Aplikasi ini menampilkan parameter frekuensi dominan (Hz) dan intensitas relatif (dBFS). Setiap perintah diucapkan sebanyak tiga kali oleh pengguna dengan jarak sekitar 20 cm dari mikrofon dalam kondisi lingkungan tenang. Nilai yang diperoleh kemudian dicatat dan dihitung nilai rata-ratanya.

Data hasil pengujian digunakan untuk menentukan apakah perintah suara berada pada rentang *speech frequency range* manusia (85–255 Hz) dan intensitas optimal sistem voice recognition (sekitar 70–80 dB SPL atau –40 hingga –20 dBFS). Nilai yang sesuai dengan rentang tersebut menandakan bahwa sistem memiliki peluang tinggi untuk mengenali instruksi dengan akurat.

2.4.3.3 Uji Waktu Respon Sistem

Uji waktu respon sistem dilakukan untuk mengukur jeda waktu antara saat pengguna mengucapkan perintah hingga kursi roda miniatur mulai bergerak. Pengujian ini menggambarkan kecepatan sistem dalam merespon instruksi suara dari sisi pengguna.

Pengukuran dilakukan secara manual menggunakan stopwatch, dimulai tepat setelah perintah suara selesai diucapkan, dan dihentikan ketika prototipe mulai bergerak. Setiap perintah diuji sebanyak tiga kali, kemudian diambil nilai rata-rata waktu responnya.

Nilai waktu respon yang diperoleh mencakup seluruh proses mulai dari pengenalan suara oleh modul, pengiriman data melalui *Bluetooth*, pemrosesan instruksi oleh mikrokontroler, hingga aktivasi motor. Hasil pengujian ini digunakan untuk memastikan kinerja sistem dari segi kecepatan respon terhadap perintah



Dinamis (PID Tuning)

Uji dinamis dilakukan untuk menganalisis kestabilan gerakan dan waktu setelah dilakukan penalaan (tuning) parameter PID. Pengujian

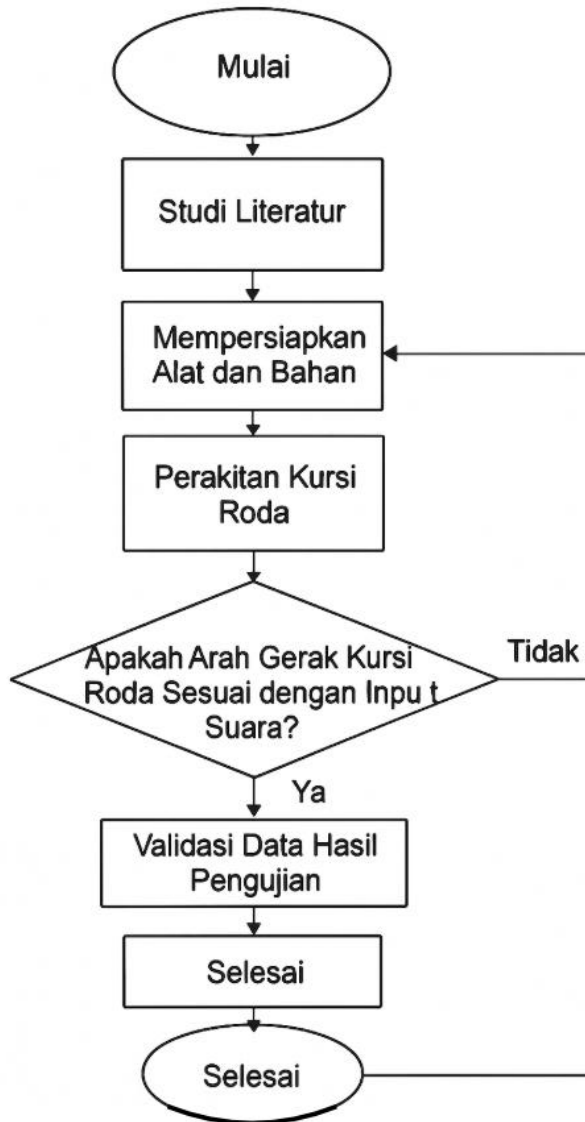
ini bertujuan untuk memperoleh kombinasi nilai K_p , K_i , dan K_d yang menghasilkan pergerakan kursi roda paling stabil, responsif, dan minim overshoot.

Pengujian dilakukan menggunakan simulasi MATLAB berdasarkan model plant sistem dengan waktu tunda sekitar 2 detik. Beberapa kondisi parameter PID diuji secara bertahap hingga mencapai kondisi stabil dan maksimal.

Dari setiap kondisi pengujian, diamati bentuk grafik respon terhadap masukan langkah (*step response*) untuk menilai kestabilan sistem, waktu tunak (*settling time*), serta *overshoot*. Data hasil simulasi digunakan sebagai dasar dalam menentukan parameter PID yang paling optimal untuk diimplementasikan pada sistem kontrol kursi roda miniatur.



2.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 9. Diagram alir penelitian





Optimized using
trial version
www.balesio.com