

DESAIN SISTEM PENGENDALIAN KECEPATAN DAN Pengereman pada Kursi Roda Elektrik untuk Kondisi JALANAN MENURUN DAN MENANJAK

¹ Mohammad Syafa' Karim Amrulloh, ² I Komang Somawirata, ³ Mohammad Ibrahim Ashari
^{1,2,3} Teknik Elektro S1 ITN Malang, Malang Indonesia
¹mohammadsyafakarimamrulloh@gmail.com, ²kngsomawirata@lecturer.itn.ac.id,
³ibrahim_ashari@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Penelitian ini mengevaluasi kursi roda elektrik yang mampu naik turun tanjakan dengan kecepatan konstan. Kursi roda telah dimodifikasi dengan penambahan motor listrik DC sebagai sumber tenaga utama, sehingga pasien berkebutuhan khusus dapat mengendalikan kursinya sendiri tanpa bantuan orang lain. Inovasi ini bertujuan untuk meningkatkan keamanan dan kemandirian pengguna, mengatasi kendala akibat gangguan saraf motorik pada kaki dan mengurangi ketergantungan pada bantuan luar.

Sebagai bagian dari penelitian ini, diterapkan pengatur kecepatan dan sistem pengereman elektrik untuk kursi roda untuk mengatasi berbagai jenis medan, termasuk tanjakan dan lereng. Sensor rotary encoder digunakan sebagai mekanisme umpan balik untuk mengontrol daya motor. Motornya sendiri dioperasikan menggunakan modulasi lebar pulsa (PWM). Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno R3, berperan sebagai pusat pengolahan data dan mengintegrasikan sensor rotary encoder sebagai mekanisme umpan balik untuk mengendalikan motor.

Kata Kunci: *Arduino UNO, IBT-2 H-bridge, sensor optocoupler, kendali PID*

I. PENDAHULUAN

A. Pendahuluan

Di Kursi roda merupakan suatu alat kesehatan yang dirancang untuk membantu mobilitas orang yang mengalami kesulitan berjalan, terutama mereka yang mengalami cedera, cacat kaki, gangguan saraf motorik, atau lanjut usia. Peran kursi roda sangat penting bagi masyarakat berkebutuhan khusus karena tanpanya aktivitas sehari-hari akan sulit dilakukan akibat gangguan pada sistem saraf motorik pada kaki. Tingkat keparahan gangguan ini dapat dibagi menjadi dua kategori: parah dan ringan[1].

Penyakit berat biasanya terjadi pada pasien yang menderita stroke atau lumpuh total sehingga tidak dapat menggerakkan kursi rodanya sendiri dan bergantung pada bantuan orang lain. Sedangkan penyakit ringan terjadi pada pasien dengan cedera atau disabilitas yang terjadi pada kaki yang masih mampu mengoperasikan kursi roda

dengan tangannya sendiri[2].

Pada penelitian sebelumnya, Mustari telah merancang kursi roda elektrik yang bisa memanjat tanjakan. Secara umum tujuan penelitian ini adalah untuk mensimulasikan mikrokontroler sebagai pengontrol motor DC yang dihubungkan dengan relay kendali. Untuk meningkatkan efektivitas deteksi sistem, beberapa sensor tambahan melengkapi model ini[3]. Alat ini dirancang untuk mengatasi tantangan pengendalian putaran motor DC untuk mendeteksi kemiringan atau kemiringan berdasarkan beban yang dihadapi, dengan tujuan memberikan keamanan dan kenyamanan pengguna. Namun kelemahan penelitian ini terletak pada ketidaktepatan gerakan putaran motor DC karena kurangnya sensor yang dapat mengurangi kesalahan pada setiap putaran motor DC yang digunakan pada kursi roda elektrik[4].

Fokus penelitian ini adalah pada keselamatan pengguna kursi roda elektrik. Untuk kursi roda bertenaga listrik, harus dipastikan sistem kendali yang digunakan aman dan tidak menimbulkan risiko tabrakan atau kecelakaan yang dapat membahayakan penggunanya[5]

Desain ini menciptakan pengatur kecepatan dan sistem pengereman pada kursi roda elektrik saat berkendara di jalan menanjak dan menurun. Sistem ini menggunakan mikrokontroler sebagai pusat pengolahan dan kendali data, dua buah motor DC dan dua buah gearbox untuk menggerakkan kursi roda[6]. Pengemudi motor mengatur kecepatan dan arah putaran motor untuk gerak maju dan mundur. Untuk menjaga kecepatan motor DC tetap konstan saat berkendara naik turun bukit, hal ini dilakukan melalui feedback loop dengan sensor yang tepat[7]. Salah satu sensor yang dapat digunakan adalah sensor optocoupler. Sensor ini dapat dihubungkan ke motor DC untuk mengukur kecepatannya. Data kecepatan motor DC kemudian diolah oleh mikrokontroler untuk mengontrol kecepatannya agar tetap konstan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan mengenai permasalahan yang ingin dipecahkan dalam penelitian ini, yaitu:

- Bagaimana cara mengontrol pergerakan kursi roda elektrik agar dapat naik turun bukit dengan kecepatan konstan?
- Bagaimana merancang rangkaian sensor optocoupler sebagai bagian dari mekanisme feedback pada sistem?
- Bagaimana penerapan kendali PID (Proportional Integral Derivative) pada kendali kecepatan dan sistem pengereman kursi roda elektrik?

C. Tujuan

1. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang desain kursi roda listrik yang mampu menavigasi jalan yang naik dan turun dengan kecepatan yang konsisten dan dapat diatur sesuai dengan kondisi medan seperti tanjakan, turunan, atau datar. Menghasilkan sebuah kursi roda dengan kontrol menggunakan Smartphone untuk mempermudah menggunakannya.
2. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk merancang kursi roda yang dapat bergerak ke depan dan ke belakang dengan kecepatan yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan lingkungan yang ditentukan

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Kursi Roda

Kursi roda merupakan suatu alat bantu yang digunakan oleh orang-orang dengan mobilitas terbatas untuk melakukan

aktivitas sehari-hari. Pembatasan pergerakan ini dapat disebabkan oleh cacat fisik, cedera atau penyakit yang mempengaruhi kemampuan bergerak seseorang.

Pada prinsipnya kursi roda merupakan alat bantu bagi penderita kesulitan berjalan yang dapat digerakkan dengan tangan sendiri. Sedangkan kursi roda elektrik merupakan kursi roda yang menggunakan motor listrik bertenaga baterai sebagai sumber tenaganya. Kursi roda ini dikendalikan secara elektrik melalui mikrokontroler yang dapat dioperasikan oleh pengguna kursi roda.



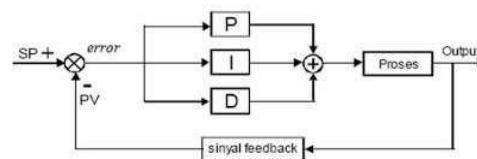
Gambar 1. Kursi Roda Elektrik dan Manual

B. Kendali PID

Pada Pengendalian Proportional-Integral-Derivative (PID) merupakan suatu bentuk pengendalian sistem yang menggabungkan tiga unsur utama yaitu unsur proporsional, unsur integral, dan unsur diferensial.

Kelebihan dan kekurangan pengontrol proporsional (P), integral (I) dan turunan (D) dapat saling melengkapi bila ketiganya digabungkan secara paralel sehingga menghasilkan pengontrol proporsional, integral, dan turunan (PID). Masing-masing kontrol P, I dan D pada dasarnya bertujuan untuk mempercepat respon sistem, menghilangkan offset dan menyebabkan perubahan awal yang signifikan. Penentuan parameter PID selalu memerlukan pemahaman tentang sifat-sifat sistem (plant) yang akan dikontrol. Oleh karena itu, terlepas dari kompleksitas suatu sistem (peralatan), pemahaman tentang perilaku sistem harus diperoleh terlebih dahulu sebelum menentukan parameter PID[5].

Setiap tindakan pengendalian mempunyai keunggulan spesifik. Pengendalian proporsional mempunyai kelebihan waktu naik yang cepat, pengendalian integral mempunyai kelebihan dalam mengurangi kesalahan, dan pengendalian diferensial mempunyai kelebihan dalam mengurangi kesalahan atau over/undershoot. Untuk mencapai output dengan waktu naik yang cepat dan kesalahan minimal, kombinasi ketiga kontrol ini dapat digunakan. Dalam konteks waktu kontinu, persamaan keluaran kendali PID dapat dirumuskan sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Blok Controller PID

1. Parameter P mengevaluasi kesalahan saat ini, dimana jika kesalahannya signifikan dan positif, kinerja pengendalian meningkat secara signifikan dan positif.
2. Parameter I mengadopsi nilai error dari periode sebelumnya. Misalnya, jika keluaran saat ini lebih rendah dari yang diinginkan, kesalahan akan terakumulasi seiring waktu dan pengontrol akan merespons dengan keluaran yang lebih tinggi
3. Parameter D memproyeksikan kemungkinan nilai kesalahan di masa depan berdasarkan perubahan level seiring waktu.

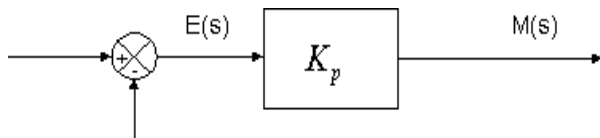
Keluaran pengontrol PID diperoleh dengan menjumlahkan keluaran pengontrol proporsional dan pengontrol integral. Karakteristik suatu pengontrol PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi signifikan dari tiga parameter utama P, I dan D.

Penentuan nilai konstanta K_p , T_i dan T_d mempengaruhi besarnya pengaruh masing-masing unsur. Dalam beberapa situasi, satu atau dua dari tiga konstanta ini mungkin diberi bobot lebih dibandingkan yang lain.

Konstanta dengan penekanan lebih besar mempunyai dampak lebih besar pada respons sistem secara keseluruhan. Dalam penggunaannya PID memiliki beberapa penerapan control yakni :

1. KP (Kontrol Proporsional)

Kendali Proporsional adalah bentuk umpan balik yang membandingkan nilai yang diinginkan, yang disebut set point (SP), dengan kinerja aktual sistem. Dalam konteks ini, kinerja aktual merujuk pada nilai variabel proses (PV) pada saat tertentu.



Gambar 3. Kontrol Proporsional

Dalam Gambar 3 yang menunjukkan Kendali Proporsional, terdapat dua parameter utama, yaitu pita proporsional dan konstanta proporsional. Pita proporsional mencerminkan efektivitas jangkauan operasi kendali [Gunterus, 1994], sementara konstanta proporsional, yang dilambangkan sebagai K_p , menilai penguatan sinyal kesalahan

Ketika menggunakan Kendali Proporsional dalam suatu sistem, perhatian eksperimental harus diberikan terhadap beberapa pertimbangan :

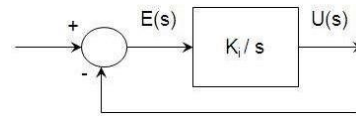
1. Ketika nilai K_p kecil, Kendali Proporsional hanya dapat mengoreksi kesalahan kecil, sehingga respons sistem menjadi lambat.
2. Semakin besar nilai K_p , respons sistem akan mencapai set point lebih cepat dan mencapai kondisi stabil.
3. Jika nilai K_p terlalu tinggi, dapat menyebabkan sistem tidak stabil atau respons sistem menjadi terisolasi.

Konstanta K_p mengontrol sejauh mana keluaran kendali merespons kesalahan proporsional saat ini. Peningkatan nilai K_p dapat meningkatkan respons kendali terhadap kesalahan proporsional, namun nilai yang terlalu tinggi dapat menyebabkan sistem menjadi tidak stabil atau cenderung mengalami osilasi.

2. KI (Kontrol Integral)

Pengendali integral bertujuan untuk menghasilkan respon sistem yang stabil dan bebas kesalahan. Dalam situasi di mana elemen integrator ($1/s$) tidak ada (terbuat) dalam sistem, pengontrol proporsional tidak dapat menjamin bahwa sistem mencapai kesalahan stabil sebesar nol. Dengan menggunakan pengontrol integral, respon sistem dapat ditingkatkan untuk mencapai kesalahan yang stabil. Karakteristik pengontrol integral mirip dengan fungsi integral, dimana keluarannya sangat dipengaruhi oleh

perubahan proporsional nilai sinyal kesalahan [Rusli, 1997]. Keluaran pengontrol integral merupakan hasil penjumlahan perubahan masukan yang terus menerus. Jika sinyal kesalahan tidak berubah, keluaran akan mempertahankan keadaan sebelumnya sebelum terjadi perubahan pada masukan.



Gambar 4. Kontrol Integral

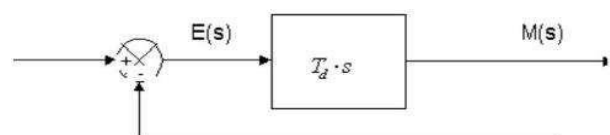
Fitur-fitur pengontrol integral meliputi:

1. Waktu respon keluaran pengontrol integral memerlukan waktu tunda tertentu, yang mengakibatkan respon sistem cenderung lebih lambat.
2. Ketika nilai sinyal kesalahan mencapai nol, keluaran pengontrol integral dipertahankan pada nilai sebelumnya.
3. Jika sinyal error bukan nol maka outputnya menunjukkan kenaikan atau penurunan yang dipengaruhi oleh besarnya sinyal error dan nilai K_i .
4. Konstanta integral K_i yang besar dapat mempercepat eliminasi offset, namun semakin besar nilai K_i maka semakin besar pula fluktuasi sinyal keluaran pengontrol.

K_i berperan dalam menangani kesalahan integral, atau kesalahan yang terakumulasi seiring berjalannya waktu. Penggunaan K_i dapat membantu menghilangkan kesalahan integral yang menumpuk seiring berjalannya waktu dan mengatasi ketidakseimbangan statis dalam sistem

3. KD (Kontrol Derivative)

Output dari pengontrol diferensial memiliki karakteristik yang mirip dengan operasi diferensial. Perubahan mendadak pada sinyal masukan pengontrol mengakibatkan perubahan signifikan dan cepat pada sinyal keluaran. Dapat direpresentasikan dalam bentuk diagram blok untuk menggambarkan hubungan antara sinyal kesalahan dan keluaran pengontrol



Gambar 5. Kontrol Derivative

Berikut adalah ciri-ciri Pengendali Derivatif :

1. Pengendali ini tidak menghasilkan output jika tidak ada perubahan pada inputnya, yang dinyatakan dalam bentuk sinyal kesalahan.

2. Ketika sinyal kesalahan berubah sepanjang waktu, keluaran dari pengendali dipengaruhi oleh nilai T_d (konstanta derivatif) dan tingkat perubahan sinyal kesalahan.
3. Pengendali diferensial memiliki sifat melakukan prediksi, memungkinkannya untuk melakukan koreksi yang signifikan sebelum sinyal kesalahan mencapai tingkat yang sangat tinggi. Dengan demikian, pengendali diferensial dapat mengambil tindakan korektif yang cenderung meningkatkan stabilitas sistem.

KD berfokus pada tingkat perubahan kesalahan. Nilai KD yang tinggi dapat membantu meredam respons pengendali terhadap perubahan kesalahan dan meningkatkan stabilitas sistem.

C. Arduino Uno

Pada Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328. Board ini dilengkapi dengan 14 pin input/output digital, 6 di antaranya dapat berfungsi sebagai output PWM. Selain itu terdapat 6 input analog, resonator keramik dengan frekuensi 16 MHz, port USB, colokan listrik, header ICSP dan tombol reset.

Arduino Uno mendukung fungsi mikrokontroler dengan sumber listrik, bisa melalui USB (bila dihubungkan ke komputer melalui kabel USB) atau melalui adaptor dan baterai. Menariknya, Arduino Uno berbeda secara signifikan dari papan mikrokontroler sebelumnya karena tidak menggunakan chip driver FTDI USB-to-serial. Sebagai gantinya, board ini menggunakan Atmega16U2 (atau Atmega8U2 pada versi R2 sebelumnya) yang diprogram sebagai konverter USB ke serial.

Pada Arduino Uno revisi 2 terdapat resistor tarik 8U2 HWB yang dihubungkan ke ground. Ini mempermudah penggunaan mode DFU (Device Firmware Upgrade).diferensial.



Gambar 6. Board Arduino ATmega328

Spesifikasi Hardware Arduino UNO R3

1. Mikrokontroler: ATmega328P
2. Tegangan Operasional: 5 Volt
3. Tegangan Input (Recommended): 7-12 Volt
4. Tegangan Input (Limit): 6-20 Volt
5. Pin Digital I/O: 14 (dari 0 hingga 13)
6. Pin PWM (Output Mode): 6 (Pin 0, 1, 3, 5, 6, 9, 10, dan 11)
7. Pin Analog Input: 6 (Pin A0 hingga A5)
8. Arus DC per Pin I/O: 20 mA

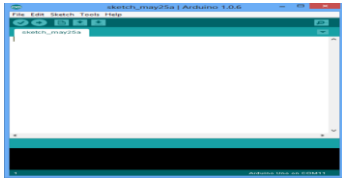
9. Arus DC untuk Pin 3.3V: 50 mA
10. Memori Flash: 32 KB
11. SRAM: 2 KB
12. EEPROM: 1 KB
13. Kecepatan Clock: 16 MHz
14. Pinout Digital Arduino Uno
15. Pin 1 - 13 pada Arduino berfungsi sebagai pin input/output digital.
16. Pin 13 Arduino terhubung ke LED bawaan.
17. Pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11 memiliki fitur PWM

D. Software Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah perangkat lunak untuk mengembangkan program atau kode untuk papan mikrokontroler Arduino. Arduino IDE menyediakan lingkungan yang ramah pengguna untuk menulis, mengedit, mengunggah, dan mengelola program Arduino. Fitur utama Arduino IDE meliputi :

1. Editor Kode : Arduino IDE memiliki editor kode sederhana yang mendukung bahasa pemrograman Arduino, varian dari bahasa pemrograman C/C++. Editor ini menyertakan fitur seperti penyorotan sintaksis, tautan cepat, dan banyak lagi untuk mempermudah penulisan kode.
2. Perpustakaan dan Contoh Kode: IDE berisi pustaka dan contoh kode yang dapat membantu pengguna memahami dan menggunakan berbagai fungsi dan perangkat keras Arduino dengan lebih mudah.
3. Compiler dan Uploader: Arduino IDE dilengkapi dengan compiler yang dapat mengubah kode yang ditulis pengguna menjadi bahasa mesin yang dapat dipahami oleh mikrokontroler. Selain itu, IDE memiliki alat unggah yang memungkinkan pengguna memindahkan program dengan mudah ke papan Arduino.
4. Monitor Serial: Arduino IDE memiliki monitor serial yang memungkinkan pengguna berkomunikasi dengan papan Arduino dan melihat keluaran serial yang dihasilkan oleh program
5. Manajemen Papan: IDE memiliki fungsi untuk memilih jenis papan Arduino yang digunakan, mengatur port komunikasi, dan memilih parameter lain yang diperlukan untuk mengkonfigurasi perangkat keras pengembangan.

Arduino IDE umumnya dirancang agar mudah digunakan oleh pemula sekaligus memenuhi kebutuhan pengembang berpengalaman. Selain Arduino IDE, terdapat juga opsi lain seperti PlatformIO dan Visual Studio Code yang mendukung pengembangan Arduino dengan fitur tambahan.



Gambar 7. Tampilan Arduino IDE

E. Driver Motor IBT-2

Driver motor IBT-2 (Integrated Bridge-Tied Motor Driver) merupakan komponen elektronik yang dirancang khusus untuk mengendalikan motor arus searah (direct current) atau motor roda gigi dalam berbagai aplikasi elektronik. Driver motor ini memungkinkan pengguna untuk mengontrol arah dan kecepatan motor menggunakan sinyal kontrol dari mikrokontroler atau sistem kontrol serupa:

Berikut beberapa poin penting terkait driver motor IBT-2:

1. H-Bridge (H-Bridge): IBT-2 menggunakan konfigurasi H-bridge, yaitu susunan transistor untuk mengontrol arus dan arah putaran motor. Konfigurasi ini memungkinkan pengendalian motor dalam dua arah (maju dan mundur) dan mengatur kecepatan motor.
2. Tegangan dan Arus: IBT-2 dirancang untuk menangani tegangan dan arus tertentu tergantung pada model dan spesifikasi. Sebelum menggunakan driver motor ini, penting untuk memahami batasan tegangan dan arus yang dapat ditangani perangkat.
3. perlindungan termal dan perlindungan arus berlebih: Beberapa model IBT-2 dilengkapi dengan fungsi perlindungan termal dan perlindungan arus berlebih untuk melindungi pengemudi motor dan motor itu sendiri dari kerusakan akibat beban berlebih atau panas berlebih.
4. Koneksi Mudah: Driver motor IBT-2 biasanya memiliki pin atau konektor yang dapat dengan mudah dihubungkan ke mikrokontroler atau sistem kontrol lainnya. Hal ini membuat integrasi ke dalam sirkuit kontrol motor menjadi lebih mudah.

Aplikasi Umum: Driver motor IBT-2 banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti robotika, kendaraan otomatis, sistem penentuan posisi, dan proyek elektronik DIY (Do It Yourself) lainnya

F. Driver Motor IBT-2

Driver motor IBT-2 (Integrated Bridge-Tied Motor Driver) merupakan komponen elektronik yang dirancang khusus untuk mengendalikan motor arus searah (direct current) atau motor roda gigi dalam berbagai aplikasi elektronik. Driver motor ini memungkinkan pengguna untuk mengontrol arah dan kecepatan motor menggunakan sinyal kontrol dari mikrokontroler atau sistem kontrol serupa:

Berikut beberapa poin penting terkait driver motor IBT-2:

1. H-Bridge (H-Bridge): IBT-2 menggunakan konfigurasi H-bridge, yaitu susunan transistor untuk mengontrol arus dan arah putaran motor. Konfigurasi ini memungkinkan pengendalian motor dalam dua arah (maju dan mundur) dan mengatur kecepatan motor.
2. Tegangan dan Arus: IBT-2 dirancang untuk menangani tegangan dan arus tertentu tergantung pada model dan spesifikasi. Sebelum menggunakan driver motor ini, penting untuk memahami batasan tegangan dan arus yang dapat ditangani perangkat.
3. perlindungan termal dan perlindungan arus berlebih: Beberapa model IBT-2 dilengkapi dengan fungsi perlindungan termal dan perlindungan arus berlebih untuk melindungi pengemudi motor dan motor itu sendiri dari kerusakan akibat beban berlebih atau panas berlebih.
4. Koneksi Mudah: Driver motor IBT-2 biasanya memiliki pin atau konektor yang dapat dengan mudah dihubungkan ke mikrokontroler atau sistem kontrol lainnya. Hal ini membuat integrasi ke dalam sirkuit kontrol motor menjadi lebih mudah.
5. Aplikasi Umum: Driver motor IBT-2 banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti robotika, kendaraan otomatis, sistem penentuan posisi, dan proyek elektronik DIY (Do It Yourself) lainnya

Driver motor IBT-2 dapat menjadi pilihan yang baik untuk mengendalikan motor DC secara efektif dan efisien di berbagai proyek elektronik. Sebelum menggunakannya, yang terbaik adalah membaca dokumentasi teknis pabrikan untuk memahami pengaturan dan batasan perangkat secara mendetail.



Gambar 8. Driver motor IBT-2

G. Motor DC

Motor DC merupakan salah satu jenis motor listrik yang mengubah energi listrik DC menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran. Prinsip kerja dasar motor DC didasarkan pada interaksi antara dua fluks magnet yang disebut kumparan medan dan kumparan jangkar. Kumparan medan menghasilkan fluks magnet yang bergerak dari kutub utara ke kutub selatan, sedangkan kumparan jangkar menghasilkan fluks magnet berbentuk lingkaran.

Penggunaan motor DC dapat disesuaikan dengan berbagai lingkungan kerja yang memerlukan kecepatan dan beban kerja yang berbeda-beda dan sering berubah. Dalam transportasi kereta api, motor DC sering disebut motor traksi DC dan digunakan untuk menggerakkan lokomotif atau kereta api. Penerapan motor DC juga ditemukan pada tahap awal pengembangan mobil dan beberapa sistem kelistrikan pada perangkat elektronik.



Gambar 9. Motor DC

H. Sensor Optocoupler (Rotary Encoder)

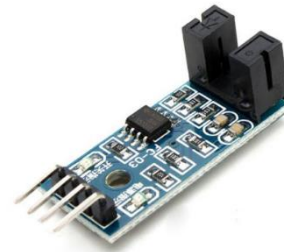
Sensor optocoupler, juga disebut opto-isolator atau optocoupler, adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengisolasi dua sirkuit elektronik berbeda secara optik. Tujuan utama penggunaan sensor optocoupler adalah untuk mencegah interferensi atau lonjakan listrik dari satu rangkaian agar tidak mempengaruhi rangkaian lainnya. Isolasi optik dicapai dengan menggunakan cahaya atau sinar infra merah sebagai media transmisi sinyal antara dua bagian yang terisolasi.

Dibawah ini adalah beberapa ciri umum dan fungsi sensor photo coupler :

1. Isolasi Galvanik: Sensor optocoupler menyediakan isolasi galvanik antara input dan outputnya. Artinya tidak ada sambungan langsung antara kedua sisi perangkat, sehingga mencegah kelebihan arus atau tegangan mengalir dari satu sisi ke sisi lainnya.
2. Komponen Internal: Optocoupler biasanya terdiri dari dua komponen utama, yaitu dioda pemancar cahaya (LED) di satu sisi dan fotodioda atau fototransistor di sisi lainnya. Ketika dioda pemancar cahaya menerima sinyal listrik, ia menghasilkan Cahaya atau sinar infra merah, yang kemudian dideteksi oleh fotodioda atau fototransistor di sisi penerima
3. Aplikasi: Sensor Optocoupler digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pengatur daya, pengontrol motor, sistem kontrol industri, dan perangkat medis. Keuntungan utamanya adalah menyediakan isolasi antara bagian-bagian yang dikendalikan oleh mikrokontroler atau rangkaian pengontrol dan bagian-bagian yang memerlukan isolasi dari gangguan eksternal.
4. Keamanan: Optocoupler sering digunakan di lingkungan yang memerlukan keselamatan dan isolasi galvanik. Hal ini membantu melindungi perangkat sensitif dari lonjakan listrik atau

gangguan listrik yang dapat merusaknya

Sensor Optocoupler telah menjadi komponen penting dalam banyak sistem elektronik modern, memberikan solusi isolasi yang efektif dan andal



Gambar 10. Sensor Optocoupler

I. Baterai

Module Baterai merupakan suatu alat yang menyimpan energi dalam bentuk kimia dan dapat mengubahnya menjadi energi listrik bila diperlukan. Baterai terdiri dari satu atau lebih sel yang dihubungkan secara seri untuk meningkatkan kapasitas dan tegangan. Setiap sel baterai berisi dua elektroda yaitu katoda (elektroda positif) dan anoda (elektroda negatif) yang direndam dalam elektrolit.

Proses kimia di dalam baterai menghasilkan elektron yang berpindah dari anoda ke katoda melalui sirkuit eksternal, menghasilkan arus listrik yang dapat digunakan untuk memberi daya pada perangkat elektronik atau perangkat lainnya. Saat baterai digunakan, reaksi kimia di dalamnya menyebabkan perubahan komposisi kimia elektroda, dan akhirnya baterai kehabisan energi dan perlu diisi ulang atau diganti



Gambar 11. Baterai MP Power 12 V

J. Relay 12V

Relay adalah perangkat elektronik yang berfungsi sebagai saklar elektromagnetik dan diaktifkan oleh sinyal listrik 12 volt. Relay bekerja dengan menggunakan medan elektromagnetik untuk mengontrol kontak listrik dan membuka atau menutup rangkaian lainnya. Relai umumnya digunakan untuk mengendalikan beban listrik yang lebih besar dengan menggunakan sinyal kendali yang lebih kecil.



Gambar 12. Relay 12V

Di bawah ini adalah beberapa komponen utama relay 12V :

1. Kumparan: Bagian kumparan pada relai, biasa disebut kumparan, terdiri dari kawat yang dililitkan pada inti besi atau bahan feromagnetik lainnya. Ketika arus 12 volt mengalir melalui kumparan, maka akan tercipta medan elektromagnetik disekitarnya.
2. Kontak (Saklar): Relay memiliki satu atau lebih rangkaian kontak yang terhubung atau terputus ketika koil diaktifkan. Kontak ini bertindak sebagai saklar yang mengontrol aliran arus melalui rangkaian lain.
3. Konektor: Relay memiliki konektor atau pin yang dapat digunakan untuk menghubungkan pengontrol dan perangkat yang dikontrol

Cara kerja relay 12V adalah sebagai berikut :

1. Ketika sinyal listrik 12V diterapkan ke kumparan, medan elektromagnetik tercipta.
2. Medan elektromagnetik ini menarik atau menolak kontak, tergantung pada desain relai.
3. Tergantung pada jenis relai, kontak terbuka dapat ditutup atau kontak tertutup dapat dibuka.
4. Perubahan status kontak mengaktifkan atau memutus aliran arus melalui rangkaian utama yang terhubung ke relai.

Relai 12V banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti otomotif, kontrol peralatan rumah tangga, sistem otomasi, dan proyek elektronik DIY. Mereka memungkinkan perangkat elektronik yang memerlukan daya lebih besar untuk dikendalikan oleh sinyal kontrol yang relatif kecil, menjadikannya komponen yang sangat berguna dalam desain sirkuit elektronik

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Model pengembangan ini menggunakan Jenis penelitian yang digunakan mengacu pada permasalahan yang di teliti adalah dengan menggunakan penelitian pengembangan Research And Development (R&D).

B. Desain Alat

Wheel Chair Smart Control System Android yang dibuat dalam perancangan ini merupakan alat yang akan digunakan tuna daksa untuk sebagai alat bantu dalam melakukan aktifitas. Alat ini menggunakan kontrol PID yang dikoneksikan dengan kursi roda untuk menggerakkan kursi roda agar sesuai dengan kecepatan yang diinginkan

C. Perancangan Sistem

Komponen Perangkat wheel chair smart untuk tuna daksa dirancang ini terdiri dari bagian utama yaitu arduino ATmega328, Motor DC 1 dan Motor DC 2, bluetooth HC-5, Motor Driver dan menggunakan media komunikasi antara smartphone sebagai pengirim data untuk menggerakkan kursi roda dan sebagai sistem pengisian daya pada baterai kursi roda tersebut dapat memanfaatkan energi dari sinar matahari karena sudah di lengkapi dengan panel surya sehingga memudahkan tuna daksa untuk melakukan aktifitas.

D. Cara Kerja Perangkat Secara Umum

Rangkaian sistem diatas menggambarkan sistem kerja perangkat secara keseluruhan yang akan dirancang, input pada sistem ini adalah motor DC, motor driver, Sensor Optocoupler. Motor DC dan board arduino Atmega328. Motor DC berfungsi sebagai piranti mekanis untuk menggerakkan wheel chair smart bergerak ke kiri, ke kanan, depan maupun belakang menggunakan perintah dari mikrokontroler dan sebagai sistem pengisian daya pada baterai kursi roda tersebut dapat memanfaatkan energi dari baterai atau aki 12 V.

E. Prosedur Pengembangan Hardware

Perangkat utama pada wheel chair smart control sistem android untuk tuna daksa sebagai alat bantu beraktifitas adalah motor dc. Pengendalian kecepatan putar motor dc dapat dilakukan dengan mengatur besar tegangan terminal motor, dengan spesifikasi terdapat built-in gearbox, tegangan 12 V, arus 4 A, kecepatan 50 rpm dan torsi 50 kg. Dan Sensor Optocoupler digunakan sebagai Encoder motor DC digunakan untuk mendeteksi atau mengukur perubahan posisi atau putaran rotor motor. Ini memberikan umpan balik posisi yang akurat dan cepat ke sistem kontrol atau mikrokontroler. Fungsi utama encoder pada motor DC adalah untuk mengukur perubahan sudut atau putaran poros motor

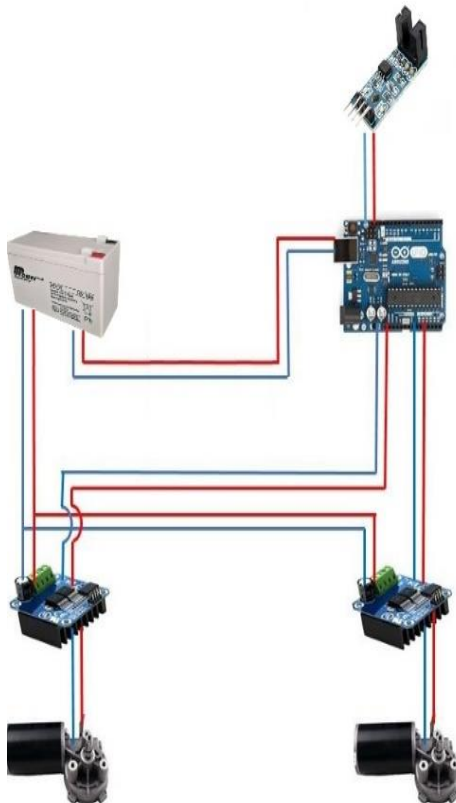
F. Perancangan Sistem.

Perangkat wheel chair smart untuk tuna daksa dirancang ini terdiri dari bagian utama yaitu arduino ATmega328, Motor DC 1 dan Motor DC 2, bluetooth HC-5, Motor Driver dan menggunakan media komunikasi antara smartphone sebagai pengirim data untuk menggerakkan kursi roda dan sebagai sistem pengisian daya pada baterai kursi roda tersebut dapat memanfaatkan energi dari sinar matahari karena sudah di lengkapi dengan panel surya sehingga memudahkan tuna daksa untuk melakukan aktifitas

G. Cara Kerja Perangkat Secara Umum.

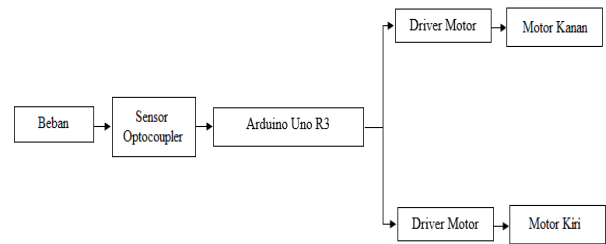
Rangkaian sistem diatas menggambarkan sistem kerja perangkat secara keseluruhan yang akan dirancang, input pada sistem ini adalah motor DC, motor driver, Sensor Optocoupler. Motor DC dan board arduino Atmega328. Motor DC berfungsi sebagai piranti mekanis untuk menggerakkan wheel chair smart bergerak ke kiri, ke kanan, depan maupun belakang menggunakan perintah dari mikrokontroler dan sebagai sistem pengisian daya pada batrai kursi roda tersebut dapat memanfaatkan energi dari baterai 12V.

H. Wiring Diagram Kursi Roda Elektrik.



Gambar 13. Wiring Diagram Kursi Roda Elektrik

I. Blok Diagram



Gambar 14. Blok Diagram

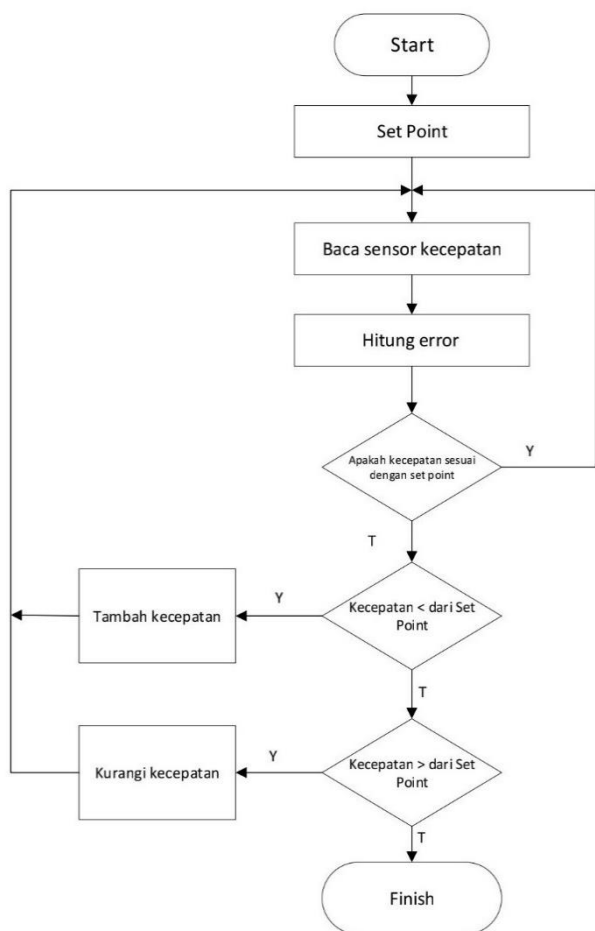
KETERANGAN :

Cara kerja dari sistem perangkat keras pada Gambar 14 adalah menggunakan Sensor Optocoupler sebagai pusat pengendali arah gerak dari roda kursi roda. Hasil pembacaan dari Sensor Optocoupler menjadi input dan akan diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno R3, sehingga mikrokontroler Arduino Uno R3 akan menggerakkan motor DC dengan bantuan driver motor DC tersebut, berdasarkan arah gerak yang didapatkan dari pembacaan Sensor Optocoupler

Secara garis besar tiap-tiap bagian dari diagram blok sistem diatas dapat dikategorikan sebagai berikut :

- Perangkat sebagai pemroses (mikrokontroler Arduino Uno R3).
- Perangkat-perangkat pendukung lainnya yang diperlukan untuk mendukung kerja dari minimum sistem adalah sebagai berikut :
 - Sensor Optocoupler
 - Driver motor DC
 - Motor DC
 - Catu daya sudah

A. Diagram Alur Sistem



Gambar 15. Diagram Alir Sistem

Penjelasan Diagram Alur

Program ini dimulai dengan pembacaan data sensor kecepatan menggunakan sensor optocoupler. Setelah itu speed apakah perlu disetting dengan memberikan PWM (Pulse With Modulation), apabila kecepatan sudah sesuai dengan di inputnya maka ke proses selanjutnya. Hasil pembacaan data oleh sensor optocoupler akan dikirimkan ke mikrokontroler Arduino Uno R3. Jika sudah selsai maka akan di simpan ke dalam memori mikrokontroler. Motor DC akan berjalan sesuai dengan input PWM yang diberikan. Pada saat berjalan, sensor optocoupler akan membaca data kecepatan roda dari motor DC setelah itu dilakukan proses inialisasi dengan menghitung error untuk menstabilkan kecepatan motor DC, setelah itu program akan menginisialisasi apakah kecepatan sesuai dengan set point, jika tidak maka kecepatan harus ditambah dan jika kecepatan terlalu besar dari set point maka kecepatan harus dikurangi. Dan hasilnya motor DC akan berjalan dengan konstan sesuai dengan hasil pembacaan dari sensor optocoupler

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

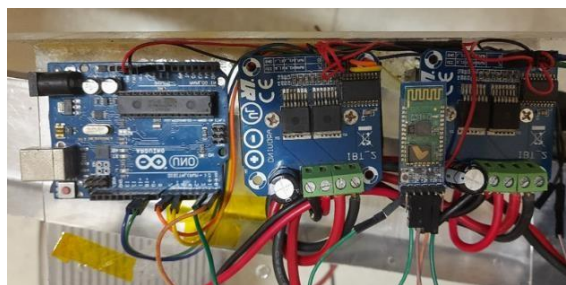
Dalam penelitian ini, penulis merancang sebuah alat kursi roda otomatis untuk tuna daksa. Kursi roda ini dapat

memberikan fungsi lebih dan memberikan kenyamanan bagi pengguna, baik dari segi biaya dan mapupun tenaga yang digunakan untuk menggerakkan kursi roda. Kursi roda ini dikontrol menggunakan mikrokontroler. Kerangka produk yang disusun sebagai pedoman untuk tahapan pengembangan yaitu teknologi Wheel Chair Smart Control Sisten Android (hadware), pengaturan nilai kecepatan pergerakan kursi roda (software), dan komponen – komponen system



Gambar 16. Teknlogi wheel chair smart Control Sistem Android

Dengan adanya teknologi wheel chair smart controll system berbasis Android diharapkan lebih memudahkan penyandang tuna daksa untuk mengendalikan. Mengendalikan yang dimaksud adalah pengguna dapat mengontrolnya secara jarak jauh ketika pengguna jauh dari kursi rodanya sehingga pengguna lebih terbantu dalam mengendalikan kursi roda untuk beraktifitas.



Gambar 17. Rangkaian komponen wheel chair smart

B. Hasil Uji Coba

a. Pengujian Sensor Rotary Encoder

Tabel 1. Hasil pengujian sensor Rotary Encoder

No	Penghalang	Indikator LED
1	Ada penghalang	Nyala / High
2	Tidak ada penghalang	Mati / Low

Dari data yang disajikan pada tabel dapat disimpulkan bahwa sensor bekerja sesuai harapan yang diinginkan. Keduanya yaitu keluaran masing-masing sensor menghasilkan sinyal biner berupa 0 dan 1.

b. Pengujian Output Arduino Uno R3

Tabel 2. Hasil pengujian output Arduino Uno

Pin	Logic Output (bit)	Tegangan Output (volt)
0	1	5.03
1	1	5.03
2	1	5.03
3	1	5.03
4	0	0.02
5	0	0.02
6	0	0.02
7	0	0.02

Suatu Pengujian pada pin keluaran Arduino Uno R3 dilakukan untuk memastikan perangkat lunak yang akan diunggah ke mikrokontroler berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.

Pengujian ini terutama berfokus pada penilaian seberapa besar tegangan yang dihasilkan oleh pin keluaran digital Arduino Uno.

c. Pengujian Motor Driver

Tabel 3. Hasil Pengujian Pergerakan Driver Motor DC 24 Volt

PWM	Input				Arah Putaran	
	IN1	IN2	IN3	IN4	Motor 1	Motor 2
0	0	0	0	0	Loss	Loss
255	0	1	0	1	CCW	CCW
255	1	0	1	0	CW	CW
255	1	1	1	1	Break	Break

d. Pengujian sistem pada kondisi jalan turunan

Pengujian sistem pada saat pendakian bukit dilakukan dengan tujuan untuk menilai sejauh mana kinerja sistem dapat berhasil dilakukan. Efektivitas sistem diukur berdasarkan kesesuaian antara data kecepatan yang diperoleh sensor encoder FC-03 dengan setpoint yaitu 15 rpm..

- Hasil pengujian sistem di jalan turunan

Tabel 4. Hasil Pengujian sistem di jalan turunan

Pengujian Ke-	Berat Penumpang (Kg)	PWM	Set Point (/RPM)	Sensor Encoder FC-03 (RPM)	Error (%)
1	0	225	15	13.30356	4.98%
2	0	225	15	13.45336	5.28%
3	40	225	15	15.98876	16.12%
4	40	225	15	16.53628	18.27%
5	50	225	15	17.89953	21.38%
6	50	225	15	18.08762	22.17%

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, data kesalahan sistem saat berada pada kondisi menanjak berhasil dikumpulkan. Pengukuran error dilakukan dengan mengurangi nilai set point dari pembacaan Encoder FC-03. Setelah itu, nilai error dihitung sebagai persentase dari nilai set point yang telah ditetapkan, kemudian dikalikan dengan 100%. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata error

sistem saat diterapkan pada kondisi jalan menanjak mencapai 18,4%, dengan error minimum sebesar 6,8% dan error maksimum sebesar 31,27%. Analisis rata-rata error sistem ini menunjukkan terdapat nilai error yang signifikan pada saat kursi roda berada pada tanjakan yang kemungkinan dipengaruhi oleh berat pengguna kursi roda.

- Hasil Pengujian di tanjakan

Tabel 5. Hasil Pengujian sistem di jalan Tanjakan

Pengujian Ke-	Berat Penumpang (Kg)	PWM	Set Point (/RPM)	Sensor Encoder FC-03 (RPM)	Error (%)
1	0	225	15	11.80130	6.8%
2	0	225	15	12.52687	7.6%
3	40	225	15	15.98140	16.32%
4	40	225	15	16.16157	18.17%
5	50	225	15	13.01987	30.48%
6	50	225	15	13.08762	31.27%

Dari hasil uji coba yang telah dilakukan, telah dikumpulkan data kesalahan sistem ketika berada pada situasi menanjak. Perhitungan error dilakukan dengan mengurangi nilai set point dari pembacaan Encoder FC-03. Selanjutnya hasil perhitungan diukur dengan persentase dari nilai set point yang telah ditentukan, kemudian dikalikan dengan 100%. Temuan dari pengujian menunjukkan bahwa rata-rata error sistem saat menghadapi kondisi jalan menanjak adalah sekitar 18,4%, dengan error minimum mencapai 6,8% dan error maksimum mencapai 31,27%.

Analisis rata-rata error sistem ini menunjukkan bahwa terdapat error yang signifikan pada saat kursi roda berada pada tanjakan, kemungkinan disebabkan oleh beban pengguna kursi roda.

e. Pengujian Alat Keseluruhan

Tabel 6. Hasil Pengujian alat Keseluruhan

NO	Alat yang diuji	Kegunaan	Hasil
1	Sensor Rotary Encoder	Menentukan hasil umpan balik dari output poros motor DC	Berfungsi
2	Output Arduino Uno R3	Agar perangkat yang akan ditanamkan pada mikrokontroler dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan	Berfungsi
3	Motor Driver	Mengendalikan putaran Motor DC	Berfungsi
4	Kontroler PID	Untuk mencapai dan mempertahankan nilai setpoint dengan mengatur input atau output dari mikrokontroler	Berfungsi

C. Pembahasan

Bagi penyandang disabilitas, kursi roda merupakan kebutuhan penting dalam menyelesaikan aktivitas sehari-hari. Meskipun kursi roda telah menjadi alat bantu mobilitas yang efektif, namun hasil observasi awal menunjukkan adanya kendala dalam menggerakkan kursi roda, terutama terkait dengan terbatasnya fleksibilitas dan perlunya bantuan orang lain.

Dalam pengujian, keselamatan adalah yang utama. Medan yang digunakan untuk pengujian sesuai dengan lokasi pengujian peralatan, sehingga keselamatan dapat terjamin. Dengan memperhatikan aspek keselamatan, pengguna dapat menggunakan kursi roda otomatis ini dengan baik dan bermanuver sesuai dengan kebutuhan dan kategori kecepatan yang disesuaikan.

Penggunaan kontrol PID pada kursi roda elektrik memberikan banyak manfaat, antara lain stabilitas, daya tanggap, dan kemampuan beradaptasi terhadap perubahan kondisi. Penerapan komponen proporsional, integral, dan turunan secara hati-hati dapat meningkatkan kualitas hidup individu dengan mobilitas terbatas, memberikan mereka kontrol dan kemandirian yang lebih besar dalam aktivitas sehari-hari.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Setelah perancangan, pengujian, dan analisis sistem dilakukan, beberapa temuan menjadi dasar untuk perbaikan dan pengembangan selanjutnya, sebagai berikut:

1. Penggunaan data posisi yang dihasilkan oleh modul Sensor Optocoupler berhasil optimal sebagai parameter input nilai PID, sesuai dengan hasil pengujian, sensor akan menyala jika terdapat halangan disc encoder yang melewati IR LED. Dan sensor akan mati jika disc encoder tidak terhalangi IR LED.
2. Hasil pengujian output Arduino dapat disimpulkan dari tabel 2. Ketika pin output Arduino Uno R3 menerima sinyal logika high maka akan menghasilkan logika 1 dengan tegangan output sebesar 5,1V, sedangkan ketika menerima sinyal logika low maka tegangan outputnya mencapai 0V. Dengan kondisi ini dapat disimpulkan kinerja keluaran Arduino bekerja dengan baik.
3. Metode yang diterapkan dalam kontrol PID melibatkan penggunaan uji coba dan penyesuaian berulang, di mana putaran per menit (RPM) yang dicapai sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Hal ini bertujuan untuk mencapai stabilitas motor dalam kondisi stabil baik di kondisi jalan datar, menanjak maupun saat kondisi jalan menurun.
4. Nilai parameter pengujian K_p , K_i , dan K_d pada kendali PID dapat menetapkan respon kontrol terhadap setpoint. Nilai parameter K_p , K_i , dan K_d dengan error terkecil telah didapatkan untuk kondisi

jalan datar, jalan tanjakan dengan sudut $3,5^\circ$, jalan turunan dengan sudut $3,5^\circ$, dengan berat beban pengemudi 40kg dan 50kg.

5. hasil pengujian sistem di jalan tanjakan, rata-rata error sistem saat diterapkan pada kondisi jalan dengan kemiringan sebesar 18,4%, dengan nilai error minimum mencapai 6,8% dan nilai error maksimum mencapai 31,27%. Nilai rata-rata error yang signifikan pada jalan miring (menanjak) dapat disebabkan oleh pengaruh gravitasi dan berat pengguna kursi roda. Tabel 4.5 menunjukkan bahwa semakin tinggi beban pengguna maka semakin besar nilai errornya.
6. hasil pengujian sistem di jalan turunan, rata-rata error sistem saat diterapkan pada kondisi jalan menurun sebesar 18,2%, dengan nilai error minimum sebesar 4,98% dan nilai error maksimum sebesar 22,17%. Dari rata-rata error terlihat bahwa nilai errornya tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan sistem yang terletak pada jalan menanjak. Hal ini mungkin disebabkan karena arah kursi roda tidak melawan gravitasi saat turun dan lebih mampu menopang berat penumpang, meskipun hal ini masih menghasilkan nilai kesalahan yang cukup tinggi.
7. Hasil pembacaan dari sensor optocoupler dapat mengontrol kecepatan motor DC kursi roda elektrik.

B. SARAN

Penyusunan skripsi ini tidak luput dari sejumlah kekurangan dan kesalahan, oleh karena itu, untuk meningkatkan kualitas sistem, diperlukan pengembangan lebih lanjut. Saran-saran yang diajukan oleh penulis melibatkan aspek-aspek berikut :

1. Dalam perancangan kerangka dan sistem mekanik untuk kursi roda, disarankan menggunakan bahan yang lebih ringan agar memfasilitasi pergerakan kursi roda.
2. Untuk meningkatkan optimalitas kursi roda elektrik, disarankan untuk mempertimbangkan penggunaan motor DC dengan daya dan torsi yang lebih besar. Hal ini dapat meningkatkan daya angkut kursi roda, terutama untuk beban yang lebih berat.
3. Dalam Menggunakan driver motor harus melibatkan perencanaan yang sangat matang. Jika tidak direncanakan dengan baik dan terjadi error maka hal ini dapat mengakibatkan rusaknya IC rangkaian driver motor bahkan dapat menyebabkan terjadinya pembakaran.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. C. P. F. D. K. Tommy Perdana Jaya Sibuea, "Penerapan Sistem Kontrol Optimal Pada Kursi Roda," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 7 No.3, 2018.
- [2] I. Kadek, M. Wijaya, I. Wayan, R. Wardana, I. Gede, dan E. Budiarta, "Rancangan Ruang

untuk Rumah Tinggal Penyandang Disabilitas Tuna Daksa,” *Jurnal Linears*, vol. 5, no. 2, hlm. 43–51, 2022, doi: 10.26618/j-linears.v5i2.8237.

- [3] Mustari, “Rancang Bangun Kursi Roda Elektrik Yang Dapat Naik Turun Tanjakan,” 2019.
- [4] J. M. Ni'matul Ma'muriyah, “Desain dan Pembuatan Kontrol Kecepatan Kursi Roda dengan Menggunakan Metode PID,” *Jurnal Telcomatics*, vol.1 No.1, 2016.
- [5] P. Saka Gilap Asa dan S. Priyambodo, “Sistem Pembelajaran Kontrol PID (Proporsional Integral Derivatif) Pada Pengatur Kecepatan Motor Dc Pid(Proportional Integral Derivative) Control Learning System On Dc Motor Speed Controller,” *Jurnal Elektrikal*, vol.3 No.1, 2016.
- [6] R. Muhardian, “Kendali Kecepatan Motor DC Dengan Kontroller PID dan Antarmuka Visual Basic,” *Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional*, vol. 06, No 1, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/index>
- [7] A. Budijanto, “Pengaturan Kecepatan Motor Dc Pada Robot Line Follower Menggunakan Pulse Width Modulation (PWM),” *Seminar Nasional Sistem Informasi*, vol. 9, 2018.

VII. BIODATA PENULIS



Mohammad Syafa' Karim Amrulloh, lahir di Jombang, 23 Juli 2002. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Tingkat Menengah yakni Di MA Ihsanniat Ngoro Jombang Prodi IPA tahun 2020. Kemudian 2020 penulis melanjutkan studi diperguruan tinggi swasta Institut Teknologi Nasional Malang prodi Teknik Elektro S-1 Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur

yang sebesar – besarnya atas terselesaikannya skripsi ini yang berjudul “Design Sistem Pengendalian Kecepatan dan Pengereman Pada kursi Roda Elektrik Untuk Kondisi Jalanan Menurun Dan Menanjak”.

Email penulis yaitu :
mohammadsyafakarimamrulloh@gmail.com