

## Design Sistem Pengendalian Kecepatan dan Pengereman Pada kursi Roda Elektrik Untuk Kondisi Jalanan Menurun Dan Menanjak

Mohammad Syafa'Karim Amrulloh <sup>1)</sup>, I Komang Somawirata <sup>2)</sup>, Mohammad Ibrahim Ashari <sup>3)</sup>

<sup>1),2),3)</sup> Teknik Elektro S-1, Institut Teknologi Nasional Malang  
Jl. Sigura-gura 2 Malang  
Email : msyafakarimamrulloh@gmail.com

**Abstrak.** Salah satu alat bantu gerak yang dapat digunakan oleh pasien dengan gangguan saraf motorik pada kakinya adalah kursi roda. Kursi roda masih memerlukan orang lain untuk mendorongnya. Penulis mencoba memodifikasi dengan menambahkan motor DC elektrik sebagai penggerak utama. Inovasi kursi roda elektrik ini diharapkan dapat membantu penderita disabilitas beraktivitas dengan aman tanpa mengandalkan bantuan orang lain. Makalah ini menunjukkan suatu sistem kendali kecepatan untuk kursi roda elektrik yang menggunakan metode kendali PID. Sistem ini menggunakan input set point untuk memberi perintah maju melewati jalan tanjakan. Mikrokontroler Arduino Uno R3 digunakan untuk menggerakkan motor menggunakan metode PWM (Pulse Wide Modulation). Mikrokontroler berfungsi sebagai pengolah data utama dan sensor optocoupler berfungsi untuk menentukan posisi sudut poros dan timbal balik (umpan balik) pada output motor. Sehingga dengan adanya perancangan ini diharapkan supaya bisa mengatasi masalah kontrol putaran motor DC mendeteksi tanjakan/turunan yang dilewati berdasarkan beban yang diterima, menghadirkan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna kursi roda elektrik.

**Katakunci:** Kursi Roda Elektrik, Kendali PID, Optocoupler, Motor DC, PWM,

### 1. Pendahuluan

Kursi roda adalah alat yang digunakan oleh orang yang mengalami kesulitan berjalan dengan kaki karena sakit, cacat atau cedera. Alat ini dapat digerakkan dengan cara mendorong dari sisi berlawanan, digerakkan dengan tangan, atau menggunakan mesin otomatis[1].

Di dunia ini, tidak semua orang dapat menjalankan aktivitas hidupnya dengan baik, terutama penyandang disabilitas fisik. Kursi roda merupakan salah satu alat bantu yang digunakan penyandang disabilitas untuk melakukan aktivitasnya. Biasanya kursi roda masih digerakkan dengan tangan atau masih membutuhkan bantuan orang lain untuk mendorong kursi roda tersebut. Selain itu, saat menggunakan kursi roda, mereka tetap menggunakan cara biasa menggerakkan roda dengan tangan. Kecuali untuk orang dengan gangguan perkembangan, kursi roda biasanya digunakan di rumah sakit untuk mengangkut pasien. Kursi roda sebelumnya masih digerakkan dengan tangan dan agak melelahkan penggunaannya [2].

### 2. Kajian Pustaka

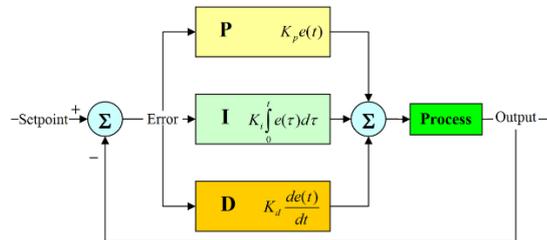
#### A. Penelitian Sebelumnya

Peneliti lain yang dilakukan oleh Mustari merancang kursi roda elektrik yang dapat naik turun tanjakan. Secara umum tugas dari penelitian ini adalah mensimulasikan mikrokontroler sebagai pengendali motor DC yang dirangkai dengan relay kontrol. Selain itu, beberapa perangkat sensor melengkapi model ini membuat sistem identifikasi menjadi lebih efektif. Alat ini dirancang untuk mengatasi masalah kontrol putaran motor DC mendeteksi tanjakan/turunan yang dilewati berdasarkan beban yang diterima, menghadirkan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna. Namun kekurangan dari penelitian ini adalah gerak dari putaran motor DC belum akurat, karena masih belum adanya sensor yang dapat mereduksi error dari setiap putaran motor DC yang digunakan pada kursi roda elektrik[3] .

#### B. Proportional Integral Derivative (PID) Control

Kontroler Proportional Integral Derivatif (PID controller) adalah pengontrol konvensional yang banyak digunakan secara luas dalam dunia industri. PID adalah kontroler proporsional-integral-derivatif yang digunakan untuk mengukur presisi sistem instrumentasi berdasarkan fitur adanya umpan balik pada sistem. Menurut besarnya error yang dihasilkan, pengontrol PID akan memberikan aksi kepada Valve Control. Dalam proses industri, pengontrol katup mengatur aliran fluida. Tingkat udara yang diinginkan disebut Set Point, dan kesalahannya adalah perbedaan antara Set Point dan level udara sebenarnya[4].

PID (Proportional-Integral-Derivative) Controller adalah suatu metode kontrol umpan balik yang digunakan dalam sistem kontrol otomatis. Tujuan dari PID Controller adalah untuk mengatur output suatu sistem dengan membandingkan output yang diinginkan (setpoint) dengan output aktual, dan menghasilkan sinyal kontrol yang dapat meminimalkan selisih antara keduanya[5].



Gambar 1. Diagram Blok Kontroler PID

Komponen-Komponen PID, terdiri dari :

1. Proporsional (P):

- Proporsional gain ( $K_p$ ) menentukan seberapa besar respon kontrol terhadap kesalahan saat ini (selisih antara setpoint dan output aktual).
- Jika P gain terlalu kecil, sistem mungkin tidak dapat merespons cukup cepat terhadap perubahan, sementara jika terlalu besar, dapat menyebabkan osilasi atau bahkan instabilitas.

2. Integral (I):

- Integral gain ( $K_i$ ) menanggapi akumulasi kesalahan selama waktu.
- Ini membantu mengatasi kesalahan persisten yang tidak dapat diatasi oleh proporsional saja.
- Jika I gain terlalu besar, dapat menyebabkan overshoot atau overshooting.

3. Derivative (D):

- Derivative gain ( $K_d$ ) bertindak untuk meredam respons sistem terhadap perubahan cepat dalam kesalahan.
- Ini membantu mencegah osilasi yang dapat disebabkan oleh proporsional dan integral.
- D gain yang terlalu besar dapat menyebabkan respons yang lambat terhadap perubahan

Secara matematis, output dari PID Controller ( $u(t)$ ) dihitung sebagai berikut:

$$u(t) = P(t) = K_p e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

di mana:

$u(t)$  adalah sinyal kontrol yang akan diterapkan pada sistem.

$e(t)$  adalah kesalahan saat ini (selisih antara setpoint dan output aktual).

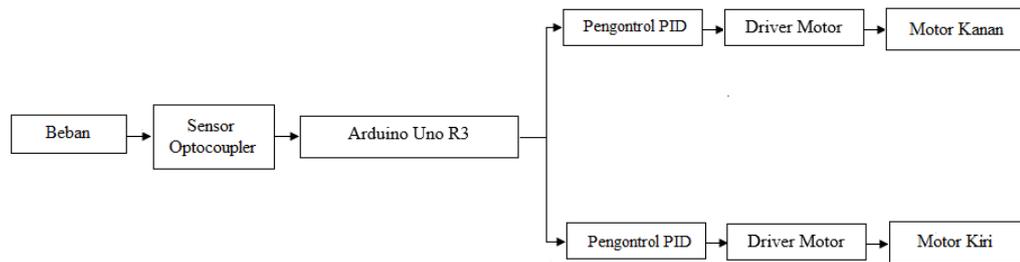
$K_p, K_i, K_d$  adalah proporsional, integral, dan derivative gains, masing-masing.

Implementasi PID Controller dapat dilakukan menggunakan berbagai metode, termasuk perangkat keras khusus atau perangkat lunak. Selain itu, tuning PID (pengaturan nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ ) adalah langkah penting untuk memastikan kinerja kontrol yang optimal sesuai dengan karakteristik sistem yang dikendalikan[6].

### 2.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada Penelitian ini menggunakan Proporsional Derivative Integral (PID) untuk mengatur kecepatan gerak dari putaran motor DC.

A. Diagram Blok



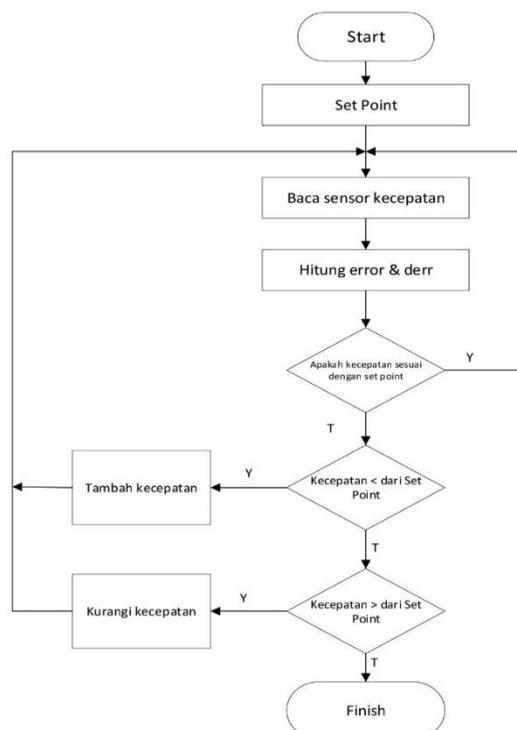
Gambar 2. Blok diagram sistem hardware

Cara kerja dari sistem perangkat keras pada Gambar 1. Adalah menggunakan sensor optocoupler jenis encoder FC-03 sebagai pengukur kecepatan roda sehingga bisa digunakan untuk parameter pembandingan motor DC dari kursi roda elektrik. Set Point menjadi input dan akan diproses oleh mikrokontroler, sehingga mikrokontroler, akan menggerakkan motor DC dengan bantuan driver motor DC tersebut.

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

1. Perangkat sebagai pemroses (minimum sistem mikrokontroler) dalam perancangan ini menggunakan Arduino Uno R3.
2. Perangkat-perangkat pendukung lainnya yang diperlukan untuk mendukung kerja dari minimum sistem adalah sebagai berikut:
  - a. Sensor Optocoupler FC-03
  - b. Driver Module BTS7960 43A IBT-2
  - c. Motor DC
  - d. Catu daya
  - e. Relay 12V

B. Flowchart Sistem



Gambar 3. Cara Kerja Sistem

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.

C. Kursi Roda Elektrik

Kursi roda elektrik dapat digerakkan dengan menggunakan 2 Motor DC untuk menggerakkan roda kiri dan kanan dengan Motor Driver Module BTS7960 43A IBT-2 yang dihubungkan ke Arduino Uno R3.



Gambar 4. Kursi Roda Elektrik

2.2. Hasil dan Pembahasan

Dalam pengujian data dan analisis respons kontrol kursi roda menggunakan metode PID, dilakukan evaluasi dengan mengaplikasikan metode PID. Proses pengujian melibatkan percobaan berbagai nilai sampel, yang nantinya akan direpresentasikan melalui grafik dan nilai untuk mengidentifikasi kinerja terbaik dari respons PID.

- A. Pengujian Pertama Pada Kursi Roda Elektrik Dengan Sudut 3,5° dan Berat Beban 40 dan 50 kg pada kondisi jalan menanjak, Adapun contoh pengetikan tabel dapat dilihat pada Tabel 1 :

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem Pada Kondisi Jalan Menanjak

Percobaan Ke-	Berat penumpang (kg)	Nilai Set Point (PWM)	Kecepatan Set Point (RPM)	Hasil Pembacaan Sensor Encoder (RPM)	Error (%)
1	0	225	15	11.80130165	6.8%
2	0	225	15	12.52687018	7.6%
3	40	225	15	15.98140187	16.32%
4	40	225	15	16.16157834	18.17%
5	50	225	15	13.01987381	30.48%
6	50	225	15	13.08762281	31.27%

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, data kesalahan sistem saat berada dalam kondisi jalan menanjak telah diperoleh. Nilai kesalahan pada kolom error dihitung dengan mengurangi nilai set

point yang telah ditetapkan dari pembacaan Encoder FC-03. Selanjutnya, hasil perhitungan tersebut diukur sebagai persentase dari nilai set point yang telah ditetapkan, kemudian dikalikan dengan 100%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan sistem saat diterapkan pada kondisi jalan menanjak adalah sebesar 18.4%, dengan kesalahan minimum sebesar 6.8% dan kesalahan maksimum mencapai 31.27%. Analisis rata-rata kesalahan sistem ini mengindikasikan bahwa terdapat nilai kesalahan yang signifikan ketika kursi roda berada dalam kondisi menanjak, yang mungkin disebabkan oleh pengaruh berat badan pengguna kursi roda.

- B. Pengujian Kedua Pada Kursi Roda Elektrik Dengan Sudut  $3,5^\circ$  dan Berat Beban 40 dan 50 kg pada kondisi jalan menanjak, Adapun contoh pengetikan tabel dapat dilihat pada Tabel 2 :

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem Pada Kondisi Jalan Menurun

Percobaan Ke-	Berat penumpang (kg)	Set Point (PWM)	Kecepatan Set Point (RPM)	Hasil Pembacaan Sensor Encoder (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 di atas, didapatkan data nilai kesalahan sistem saat berada dalam kondisi jalan menurun. Nilai pada kolom error dihitung dengan mengurangkan nilai set point yang telah ditentukan dari pembacaan Encoder FC-03. Selanjutnya, hasil perhitungan tersebut diukur sebagai persentase dari nilai set point yang telah ditetapkan, kemudian dikalikan dengan 100%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan sistem saat diterapkan pada kondisi jalan menurun adalah sebesar 18.2%, dengan kesalahan minimum sebesar 4.98% dan kesalahan maksimum mencapai 22.17%. Dari analisis rata-rata kesalahan sistem ini, terlihat bahwa nilai kesalahan tidak begitu besar jika dibandingkan dengan sistem yang berada dalam kondisi jalan menanjak. Hal ini mungkin disebabkan oleh fakta bahwa pada kondisi menurun, arah kursi roda tidak melawan gravitasi, dan beban dari penumpang dapat ditahan meskipun masih menghasilkan nilai kesalahan yang cukup tinggi.

Berdasarkan prinsip hukum Newton II, kebutuhan gaya untuk menggerakkan suatu benda pada bidang miring dipengaruhi oleh faktor beban benda, kemiringan bidang, dan panjang lintasan. Oleh karena itu, semakin besar beban suatu benda, gaya yang diperlukan juga akan meningkat, demikian pula dengan peningkatan kemiringan dan panjang lintasan. Dalam konteks pengujian ini, perubahan beban penumpang menyebabkan peningkatan nilai kesalahan. Meskipun demikian, perbandingan pembacaan kecepatan pada pengujian menunjukkan bahwa saat kondisi pengguna memiliki berat 40 kg dan 50 kg, perbedaan hampir tidak terlihat. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa gerakan kursi roda pada posisi jalan menurun didukung oleh motor yang memberikan resistansi.

### 3. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, kursi roda dapat dioperasikan dengan menggunakan dua buah motor DC.
2. 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.
3. 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  $7,5^\circ$ , jalan turunan dengan sudut  $7,5^\circ$ , dengan berat beban pengemudi 50kg dan 60kg
4. Hasil pembacaan dari sensor optocoupler dapat mengontrol kecepatan kursi roda elektrik.

### Ucapan Terima Kasih

Dalam kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan membimbing penulis selama proses pengerjaan sistem ini, yaitu kepada:

1. Alloh Swt, Wa Rosulih SAW yang selalu memberikan Hidayah, taufiq, petunjuk, dan Syafaát dalam kelancaran pengerjaan sistem ini.
2. Kedua orang tua yang selalu mendo'akan sekaligus memberikan dukungan secara lahir maupun bathin kepada penulis.
3. Bapak Dr.Eng. I Komang Somawirata, ST., MT. Dan Bapak Mohammad Ibrahim Ashari,ST.,MT yang telah meluangkan waktunya demi memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis sehingga pengerjaan sistem ini dapat terselesaikan
4. Ibu Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT selaku Ketua Program Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Teman teman Prodi Teknik Elektro S1 Angkatan 2020 dan Aslab Jarkom yang selalu memberikan motivasi pada masa perkuliahan sampai pengerjaan sistem ini

### Daftar Pustaka

- [1] "jm\_elektro,+Journal+(Tommy+P.J.+Sibuea++Elektro)".
- [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] "RANCANG BANGUN KURSI RODA ELEKTRIK YANG DAPAT NAIK TURUN TANJAKAN Mustari 1)."
- [4] "185-25-720-1-10-20180402".
- [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."
- [6] R. Muhardian, "JTEV (JURNAL TEKNIK ELEKTRO DAN VOKASIONAL) Kendali Kecepatan Motor DC Dengan Kontroller PID dan Antarmuka Visual Basic", [Daring]. Tersedia pada: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/index>