Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi
Volume 26, Issue 01, Februari 2026, 1-8
Webite: https://ji.unbari.ac.id, E-Mail: jiubj.unbari@gmail.com
e-ISSN: 2549-4236 (Online), p-ISSN: 1411-8939 (Print), DOI: 10.33087/jiubj.v26i1.6370

Analisis Kinerja Sistem Pengendali Kursi Roda Elektrik Berbasis *Pulse Width Modulation* (PWM) terhadap Variasi Beban dan Evaluasi Penggunaan Energi

Daniel Akhyar, Faizil Al Aqsa, M. Yusuf, Ari Afrizal
Magister Teknik Energi Terbarukan, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Correspondence: zeindaniel56@gmail.com, faizil.alaqsa0901@gmail.com, muhd.yusuf@unimal.ac.id, ariafrizal52@gmail.com

ABSTRAK
Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisi pengaruh variasi nilai PWM terhadap kecepatan, arus, daya, dan penggunaan energi pada kursi roda dengan beban yang berbeda. Sistem ini dibuat menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama, joystick sebagai alat pengatur arah dan kecepatan, sensor ultrasonik untuk mendeteksi halangan, dan motor DC sebagai penggerak. Pengujian dilakukan dengan variasi beban 40 kg sampai 80 kg dan nilai PWM 40 sampai 120. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar nilai PWM, kecepatan kursi roda meningkat, tetapi konsumsi energi juga bertambah. Meskipun demikian, pada nilai PWM antara 80 sampai 100, sistem bekerja paling efisien karena konsumsi energi tidak meningkat terlalu besar dibandingkan kenaikan kecepatan. Berdasarkan hasil tersebut, sistem pengendali kursi roda elektrik berbasis PWM dinyatakan bekerja secara efektif, efisien, dan stabil terhadap variasi beban, sehingga berpotensi diterapkan pada rancangan kursi roda otomatis hemat energi.

Kata Kunci: Kursi Roda Elektrik, PWM, Arduino Uno, Efisiensi Energi, Variasi Beban.

ABSTRACT
The aim of this research is to determine the effect of different PWM values on speed, current, power, and energy consumption of the wheelchair under various loads. The system was developed using an Arduino Uno as the main controller, a joystick for direction and speed control, an ultrasonic sensor to detect obstacles, and DC motors as the actuators. Tests were conducted with load variations ranging from 40 kg to 80 kg and PWM values from 40 to 120. The test results show that as the PWM value increases, the wheelchair's speed also increases, but energy consumption rises accordingly. However, within the PWM range of 80 to 100, the system operates most efficiently since energy consumption does not increase significantly compared to the gain in speed. Based on these findings, the PWM-based electric wheelchair control system is considered effective, efficient, and stable under varying load conditions, making it a promising approach for the design of energy-efficient automatic wheelchairs.

Keywords: *Electric Wheelchair, PWM, Arduino Uno, Energy Efficiency, Load Variation.*

PENDAHULUAN

Teknologi saat ini telah mengalami kemajuan yang sangat cepat di berbagai sektor, termasuk dalam dunia medis. Inovasi ini membantu semua orang yang terlibat dalam bidang kesehatan. Salah satu contohnya adalah penelitian mengenai kursi roda yang dirancang untuk mempermudah pengguna, memberikan peningkatan pada model kursi roda yang sudah ada dan memudahkan pergerakan secara otomatis Hannan & Chusyairi, 2024). Umumnya, kursi roda yang banyak dipakai oleh pasien di rumah sakit yang memiliki keterbatasan menggunakan sistem manual. Di mana pemakaian kursi roda dilakukan oleh individu itu sendiri dengan menggerakkan roda pada kursi menggunakan tangan. Namun, tidak semua orang yang menggunakan kursi roda memiliki kemampuan untuk menggerakkan kursi tersebut (Annirohman, 2023).

Oleh sebab itu, diperlukan perangkat yang dapat meningkatkan mobilitas bagi pengguna kursi roda, yaitu kursi roda otomatis. Namun, kursi roda elektrik yang dioperasikan dengan baterai dan dikendalikan menggunakan joystick, harganya cukup tinggi untuk mayoritas masyarakat. Penerapan sistem elektronik membuat pengaturan kecepatan yang lebih tepat dan efektif, serta meningkatkan kenyamanan dan kemandirian bagi para penggunanya. Penelitian Mawardi & Lianda (2018) menemukan bahwa kursi roda elektrik dapat dioperasikan menggunakan joystick, namun kursi roda tersebut masih belum dilengkapi dengan pengaturan kecepatan. Pengaturan untuk gerakan kursi roda dapat menggunakan tombol yang terdiri dari opsi maju, ke kiri, dan ke kanan (Jazirah et al, 2025).

Efisiensi energi menjadi bagian penting dalam roda kursi elektrik karena berhubungan langsung dengan ketahanan baterai serta waktu pemakaian. Semakin hemat penggunaan energi, semakin lama kursi roda dapat beroperasi sebelum perlu diisi ulang. Oleh sebab itu, penting untuk menganalisis keterkaitan antara nilai PWM dan penggunaan energi secara relatif, guna menemukan pengaturan kecepatan yang paling efisien sesuai dengan kondisi beban pengguna. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk menganalisis kinerja sistem pengendali kursi roda elektrik berbasis PWM terhadap variasi beban serta mengevaluasi efisiensi penggunaan energinya.

Landasan Teori
Kursi Roda

Kursi roda merupakan sebuah alat yang digunakan oleh penyandang disabilitas kaki untuk bergerak dan berpindah-pindah. Kursi roda juga digunakan untuk meningkatkan kegiatan berpindah para penyandang disabilitas, seperti pasien rawat inap, lansia, dan orang yang berisiko tinggi mengalami cedera saat berjalan sendirian (Matarru, 2022)

Pengendalian Motor DC

Motor DC banyak dimanfaatkan di berbagai sektor industri dan membutuhkan pengaturan kecepatan serta beban untuk memudahkan pengaturan (Ashegaf et al, 2019). Pengaturan laju motor DC bisa dilakukan melalui berbagai cara, seperti pengaturan tegangan, pengaturan arus jangkar, dan pengaturan fluks medan magnet. Pada masa sekarang, metode ini biasanya diterapkan menggunakan teknik pengalihan cepat (switching) dengan memanfaatkan sinyal digital, yang lebih dikenal sebagai metode Pulse Width Modulation (PWM).

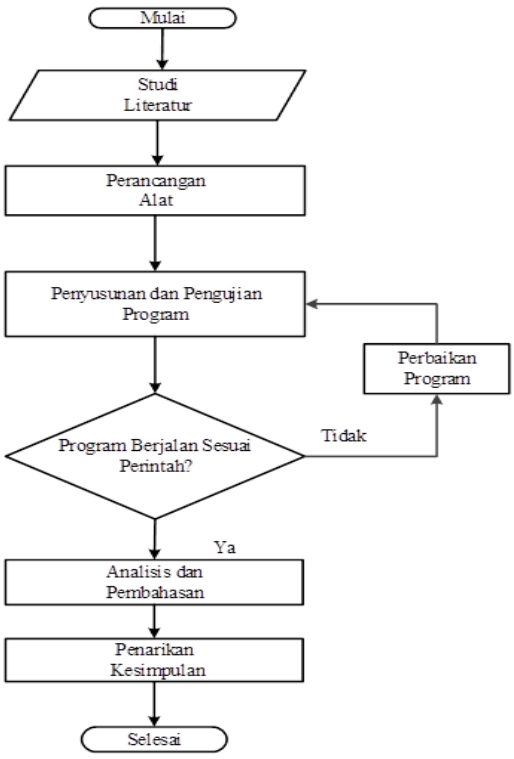
Metode Pulse Width Modulation (PWM)

Pulse Wide Modulation (PWM) adalah metode untuk mengatur kecepatan motor DC dengan memanfaatkan sinyal PWM guna mengendalikan kecepatan motor. Dalam metode ini, sinyal PWM diteruskan ke motor DC dalam bentuk sinyal digital mulai dari level tegangan rendah dan tinggi secara bergantian (Nisa et al, 2025).

Evaluasi Penggunaan Energi

Analisis pemakaian energi di dalam sistem penggerak listrik dilakukan untuk mengukur efektivitas sistem dalam mengubah energi listrik menjadi gerakan mekanik. Dalam sistem ini, penggunaan energi dipengaruhi secara signifikan oleh rata-rata daya dan waktu pemakaian (Junior & Arifin, 2019). Salah satu cara utama PWM mempengaruhi konsumsi daya adalah dengan mengurangi daya rata -rata yang dikirim ke perangkat. Semakin besar nilai PWM yang diberikan, semakin besar pula daya rata-rata yang diterima motor, tetapi hal ini menyebabkan waktu tempuh motor menjadi terbatas.

METODE

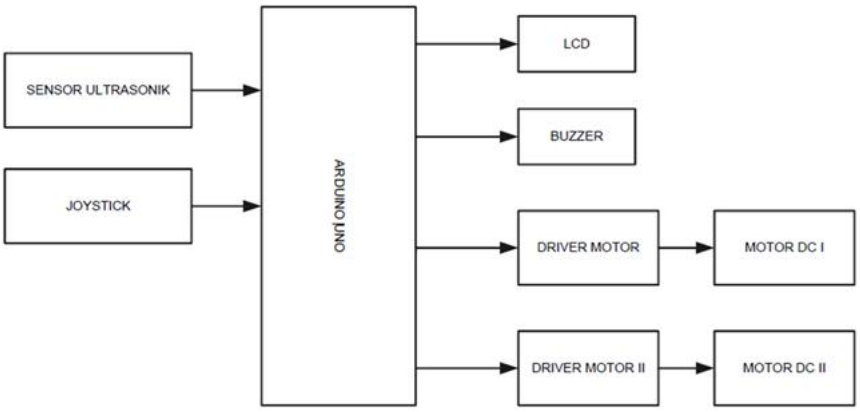


Sumber: data olahan

Gambar 1
Alur Penelitian

Gambar 1 menjelaskan tahapan penelitian ini dimulai dengan peninjauan literatur guna mendapatkan teori dasar, referensi, dan hasil penelitian sebelumnya yang berhubungan. Langkah ini menjadi tahapan penting untuk menetapkan metode dan parameter yang akan diterapkan. Selanjutnya, dilakukan perancangan yang mencakup penyusunan sistem mekanik, listrik, dan pengontrol utama yang berbasis Arduino. Pada tahapan ini semua bagian dibuat terhubung dan beroperasi sesuai dengan desain yang telah dibuat. Kemudian pembuatan

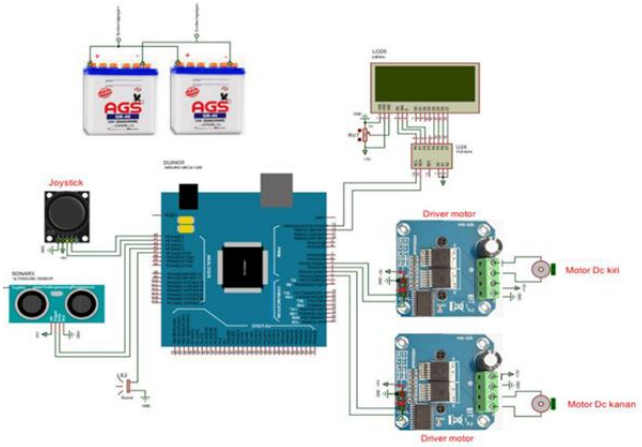
dan pengujian program, di mana program PWM dibuat menggunakan *software* Arduino IDE dan diuji secara langsung pada perangkat. Apabila program belum berfungsi sebagaimana mestinya, perbaikan dilakukan hingga sistem berjalan dengan stabil dan responsif. Tahap selanjutnya adalah analisis dan diskusi, yakni mengkaji keterkaitan antara nilai PWM, kecepatan gerak, serta dampak variasi beban terhadap efisiensi energi. Berdasarkan hasil kajian, ditariklah kesimpulan untuk menentukan nilai PWM yang paling efektif dan memberikan kinerja terbaik pada kursi roda listrik.



Sumber: data olahan

Gambar 2
Blok Diagram Perancangan Sistem

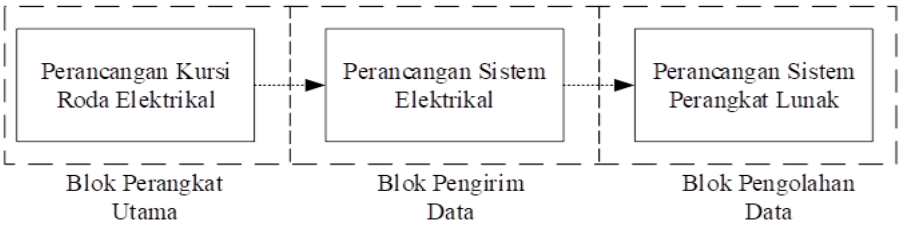
Gambar 2 memperlihatkan diagram blok dari sistem kontrol untuk kursi roda elektrik yang menggunakan Arduino Uno. *Joystick* berfungsi sebagai input utama yang mengatur arah dan kecepatan gerakan kursi roda, sementara sensor ultrasonik bertugas untuk mengukur jarak dengan halangan di depannya. Mikrokontroler Arduino Uno berfungsi memproses semua data tersebut dan memberikan sinyal keluaran berupa PWM ke motor driver yang mengoperasikan motor DC I dan motor DC II sebagai penggerak untuk roda kanan dan kiri. Selain itu, terakhir LCD untuk menampilkan informasi dan buzzer sebagai tanda peringatan saat ada halangan yang terdeteksi. Proses gerak kursi roda dan kendali dari keseluruhan sistem bekerja berdasarkan program yang diberikan pada mikrokontroler Arduino Uno. Perancangan hardware gunanya untuk menghubungkan keseluruhan rangkaian mulai dari sensor ultrasonik, joystick, lcd, motor dc, buzzer, dan driver motor.



Sumber: data olahan

Gambar 3
Perancangan Perangkat Keras

Secara garis besar perancangan ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu perancangan kursi roda elektriknya, perancangan elektrik sensornya dan perancangan perangkat lunaknya. Untuk perancangan rangkaian elektrik sistem terdiri dari Arduino, *joystick*, sensor ultrasonik, buzzer, LCD, dan *driver* motor, sedangkan perancangan perangkat lunak terdiri pemograman alat yang sudah dirancang menggunakan software Arduino IDE.



Sumber: data olahan

Gambar 4
Sistem Perancangan

Pada bagian utama perangkat, dilakukan desain untuk komponen mekanik dan motor yang menggerakkan kursi roda. Blok pengirim data terdiri dari sistem elektrik yang menggunakan Arduino Uno, yang menerima sinyal dari joystick dan sensor ultrasonik, lalu menghasilkan sinyal PWM untuk mengontrol kecepatan motor. Terakhir, blok pengolahan data mencakup pemrograman *software* dengan Arduino IDE untuk menetapkan logika kerja sistem dan menampilkan data di LCD.

HASIL

Hasil Perancangan Kursi Roda

Kursi roda elektrik dirancang seperti kursi roda umumnya, hanya saja terdapat modifikasi pada bagian tertentu untuk menempatkan motor DC dan *joystick.* Untuk perancangan mekanik menggunakan material utama berupa besi, sedangkan untuk bagian *seat, back seat,* dan *armest* menggunakan bahan triplek. Untuk bergerak maju, mundur, bergeser ke kanan dan ke kiri menggunakan *joystick* yang ditempatkan pada *armest.*



Sumber: data olahan

Gambar 5
Hasil Rancangan Kursi Roda

Sistem kerja kursi roda elektrik ini dengan memanfaatkan joystick sebagai tuas kontrol arah dan kecepatan. Pergerakan joystick ini menghasilkan nilai analog 0 sampai dengan nilai maksimalnya 1023. Nilai analog tersebut nantinya akan di konversikan dalam bentuk nilai *Pulse Width Modulation* (PWM), kemudian nilai yang telah dikonversi diubah menjadi nilai tegangan oleh driver untuk menggerakkan motor. Untuk mendeteksi halangan kursi roda ini dilengkapi dengan 2 buah sensor ultrasonik dan buzzer sebagai pemberitahu apabila terdapat halangan yang mana dapat meminimalisir tabrakan. Cara sensor bekerja apabila terdeteksi adanya halangan pada jarak tertentu maka kursi roda akan berhenti secara otomatis dan *buzzer* akan berbunyi, jarak yang dibaca ini nantinya akan ditampilkan pada LCD.

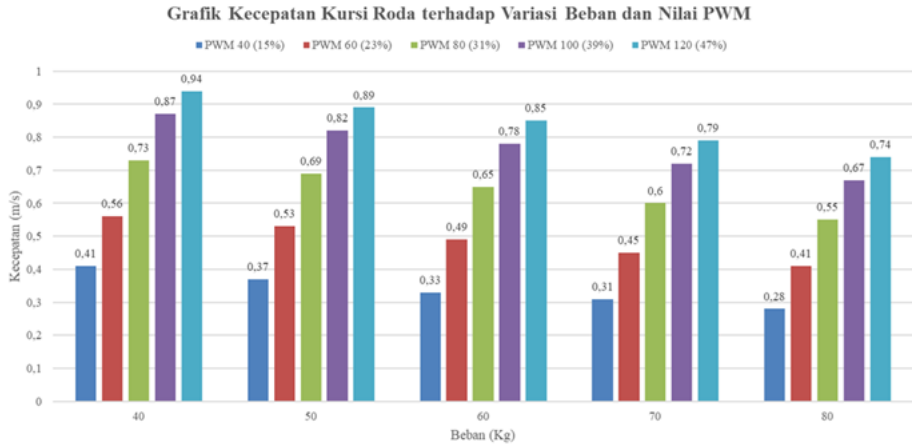
Pengujian Sistem Kendali Kecepatan Dengan Variasi Beban

Pengujian ini untuk melihat apakah beban yang diberikan berpengaruh terhadap kendali kecepatan gerak kursi roda, pengujian ini dilakukan dengan beberapa variasi nilai PWM serta nilai beban yang berbeda. Jarak tempuh pengukuran yakni 10 meter. data kecepatan tersebut diperoleh dengan menggunakan persamaan $V = \frac{S}{T}$ dengan V: kecepatan, S: jarak, T: waktu tempuh.

Tabel 1
Kecepatan Kursi Roda Dengan Variasi Beban

Beban (Kg)	Jarak (m)	Kecepatan (m/s)				
		PWM 40	PWM 60	PWM 80	PWM 100	PWM 120
40	10	0,41	0,56	0,73	0,87	0,94
50	10	0,37	0,53	0,69	0,82	0,89
60	10	0,33	0,49	0,65	0,78	0,85
70	10	0,31	0,45	0,6	0,72	0,79
80	10	0,28	0,41	0,55	0,67	0,74

Sumber: data olahan



Sumber: data olahan

Gambar 6
Grafik Kecepatan Beban Kursi Roda

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 6 dapat dilihat bahwa peningkatan nilai PWM menghasilkan kenaikan kecepatan kursi roda pada semua kondisi beban, sedangkan penambahan beban cenderung menurunkan kecepatan. Dapat di lihat saat nilai PWM 40 dengan beban 40 Kg, kecepatan kursi roda sebesar 0,41 m/s. Namun ketika beban yang diberikan lebih besar dengan nilai PWM yang sama yakni 50 Kg kecepatan kursi roda menjadi menurun 0,37 m/s begitupun seterusnya. Dari pengujian ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai PWM maka semakin cepat pula kursi roda bergerak. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengendali PWM berfungsi dengan baik dalam mengatur tegangan efektif motor DC sehingga mampu mengubah kecepatan putar motor sesuai nilai kendali. Selain itu, dampak beban juga berpengaruh pada hasil ini. Saat beban menjadi lebih berat, meskipun nilai PWM tetap, kecepatan berkurang karena torsi yang diperlukan meningkat. Dengan kata lain, arus yang diambil motor meningkat, sementara tegangan efektif menurun karena adanya penurunan tegangan pada resistansi dalam motor.

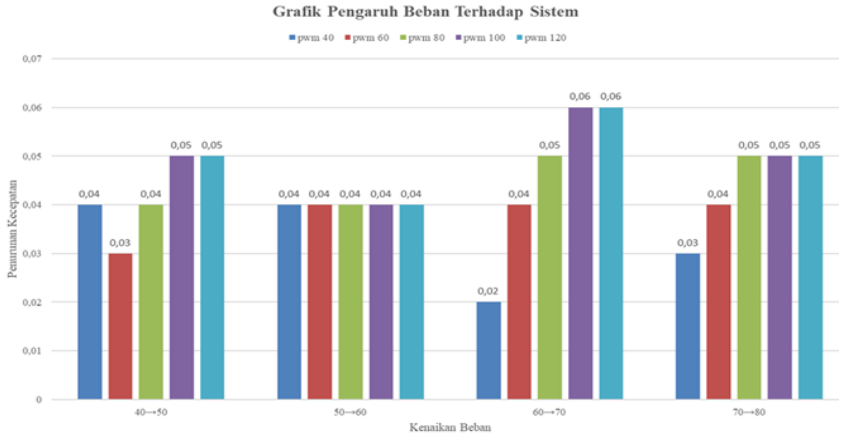
Pengujian pengaruh Beban Terhadap Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana perubahan berat memengaruhi performa sistem kontrol kursi roda elektrik yang menggunakan PWM. Berat beban dalam pengujian ini dimulai dari 40 kg hingga 80 kg, sedangkan nilai PWM meningkat dari 40, 60, 80, 100, hingga 120. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar beban, semakin rendah kecepatan pada kursi roda elektrik. Walaupun Nilai PWM yang lebih tinggi menghasilkan kecepatan yang lebih besar, namun pengaruh beban tetap terlihat signifikan.

Tabel 2
Penurunan Kecepatan Oleh kenaikan Beban

Kenaikan Beban (kg)	PWM 40	PWM 60	PWM 80	PWM 100	PWM 120
40→50	0,04	0,03	0,04	0,05	0,05
50→60	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
60→70	0,02	0,04	0,05	0,06	0,06
70→80	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05

Sumber: data olahan



Sumber: data olahan

Gambar 7
Pengaruh Kenaikan Beban Terhadap Sistem

Berdasarkan Yabel 2 dan Gambar 7 dapat dilihat bahwa setiap kenaikan beban sebesar 10 Kg terdapat penurunan kecepatan antara 0.03 m/s hingga 0.06 m/s hal ini tergantung nilai PWM. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai PWM, maka semakin besar pula penurunan kecepatan karena kenaikan beban. Seperti pada kenaikan beban dari 60 Kg menjadi 70 Kg dimana pada nilai PWM 120 terlihat penurunan kecepatan sebesar 0.06 m/s. Meskipun demikian sistem kendali keseluruhan tetap dalam keadaan stabil, karena nilai penurunan antara beban relatif konsisten di setiap nilai PWM. Hal ini disebabkan semakin besar nilai PWM, maka motor akan bekerja lebih cepat dan lebih terpengaruh oleh tambahan beban.

Evaluasi Penggunaan Energi Berdasarkan Nilai PWM dan Variasi Beban

Efisiensi energi menjadi salah satu indikator utama dalam kinerja sistem kursi roda, karena hal ini berhubungan dengan waktu operasi alat. Untuk mengevaluasi konsumsi energi harus dilakukan pengukuran arus dan tegangan pada nilai PWM dan kondisi beban yang berbeda. Berdasarkan pengujian digunakan baterai 12 V, arus yang diserap motor meningkat seiring dengan kenaikan nilai PWM dan beban sedangkan untuk daya tempuhnya rata-rata adalah 10 meter.

Tabel 3
Konsumsi Energi Berdasarkan Nilai PWM

Beban (kg)	PWM	Volt (V)	Arus (A)	Kecepatan (m/s)	Waktu (s)	Daya (W)	Energi (Wh)
40	40	4.0	1.2	0.41	24.4	4.8	0.033
	60	6.0	1.2	0.56	17.9	7.2	0.036
	80	8.0	1.2	0.73	13.7	9.6	0.037
	100	9.5	1.2	0.87	11.5	11.4	0.037
	120	10.6	1.2	0.94	10.6	12.7	0.037
50	40	4.0	1.5	0.37	27.0	6.0	0.045
	60	6.0	1.5	0.53	18.9	9.0	0.047
	80	8.0	1.5	0.69	14.5	12.0	0.048
	100	9.5	1.5	0.82	12.2	14.3	0.049
	120	10.6	1.5	0.89	11.2	15.9	0.050
60	40	4.0	1.8	0.33	30.3	7.2	0.061
	60	6.0	1.8	0.49	20.4	10.8	0.061
	80	8.0	1.8	0.65	15.4	14.4	0.062
	100	9.5	1.8	0.78	12.8	17.1	0.061
	120	10.6	1.8	0.85	11.8	19.1	0.062
70	40	4.0	2.1	0.31	32.3	8.4	0.075
	60	6.0	2.1	0.45	22.2	12.6	0.078
	80	8.0	2.1	0.60	16.7	16.8	0.078
	100	9.5	2.1	0.72	13.9	19.9	0.077
	120	10.6	2.1	0.79	12.7	22.3	0.078
80	40	4.0	2.4	0.28	35.7	9.6	0.095
	60	6.0	2.4	0.41	24.4	14.4	0.098
	80	8.0	2.4	0.55	18.2	19.2	0.097
	100	9.5	2.4	0.67	14.9	22.8	0.095
	120	10.6	2.4	0.74	13.5	25.4	0.095

Sumber: data olahan

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat pada beban 40 Kg dengan nilai PWM 40 didapatkan energi yang dipakai sebesar 0,033 Wh, sedangkan dengan beban yang sama tetapi nilai PWM yang diberikan 120 energi yang dikonsumsi sebesar 0,037 Wh. Hal ini membuktikan bahwa nilai PWM yang tinggi menyebabkan arus dan daya yang dipakai lebih tinggi karena tegangan yang diterima oleh motor meningkat.



Sumber: data olahan

Gambar 8
Pengaruh Nilai PWM Terhadap Energi

Pada beban 50 Kg dan 60 Kg terdapat kenaikan penggunaan energi sebesar 0,045 Wh hingga 0,062 Wh artinya ada kenaikan sekitar 30%. Hal ini berarti semakin besar beban, arus yang mengalir juga meningkat karena motor memerlukan torsi lebih besar untuk mempertahankan kecepatan. Untuk beban 70 sampai 80 Kg dengan nilai PWM 40 nilainya cukup signifikan mencapai 0,075 Wh sedangkan jika diberi nilai PWM 120 penggunaan energi yang dipakai semakin besar, artinya semakin tinggi beban energi yang pakai juga meningkat hampir linier, kenaikan penggunaan energi relatif lebih kecil dibanding kenaikan kecepatan, yang berarti nilai penggunaan energi efisien. Nilai PWM antara 80-120 sangat direkomendasikan karena sangat seimbang antara efisiensi energi dan performa gerak.

SIMPULAN

Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa (1) nilai PWM berpengaruh terhadap kecepatan kursi roda. Semakin besar nilai PWM maka semakin tinggi tegangan yang diterima motor DC, sehingga kecepatan bertambah, namu peningkatan beban menyebabkan kecepatan menjadi turun karena torsi yang diperlukan motor lebih besar untuk mempertahankan kecepatan; (2) beban yang besar menyebabkan arus dan daya motor meningkat sehingga konsumsi energi menjadi bertambah, tetapi kenaikan konsumsi energi tidak signifikan dibandingkan peningkatan kecepatan, menunjukkan bahwa sistem pengendali berbasis PWM bekerja dengan baik; dan (3) penggunaan nilai PWM antara 80-100 menjadi penggunaan terbaik, pada nilai ini kursi roda mampu bergerak cepat dengan konsumsi energi yang lebih rendah dan waktu tempuh yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Annirohman, S., 2023, Rancangan Kursi Roda Elektrik dengan Remot dan Tuas, *Jurnal. Teknik.*,12(1), 89–99

Ashegaf, F. T., Naipospos, B. A. D., Bimantoro, B. B., Triwiyatno, A., 2019. Kursi Roda Elektrik dengan Sistem Pemantauan Kesehatan Pengguna, Lokasi, dan Pendeteksi Kecelakaan Berbasis IOT. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 8*(2), 119-127

Hannan, M., Chusyairi, A., 2024. Implementasi Sistem Kursi Roda Elektrik Berbasis Nodemcu Esp8266 Pada SLB Dinamika Bekasi. *Jurnal Ilmiah Informatika*, *9*(2), 101–111.

Jaizah, N., Aribowo, W., Rahmadian, R., Wardani, 2025, Battery Charge Controller Berbasis Dual Sumber pada Rancang Bangun Kursi Roda Elektrik, *Jurnal Teknik Elektro,* 14(1), 88–94

Junior, A. S., Arifin, F., 2019, Prototipe Kursi Roda Elektrik dengan Kendali Joystick dan Smartphone, *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education),* 4(1), 62–68

Mawardi, M., Lianda, J., 2018. Rancang Bangun Kursi Roda Elektrik Menggunakan Joystick. *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT), Politeknik Negeri Bengkalis Rancang, 2018,* 67–74.

Matarru, A., 2022. Studi Eksperimen Arduino Uno Sebagai Pengendali Kursi Roda Elektrik. *Journal of Informatics Information System Software Engineering and Applications (INISTA)*, *4*(2), 21-31.

Nisa, F., Abdullah, D., Akhyar, D., 2025. Design of Electric Wheelchair Using Pulse Width Modulation (PWM) Method. *Jurnal Informasi dan Teknologi*, 7(3), 23-30