

Investigation of Folding and Non-Folding Electric Wheelchairs Reviewed from Their Safety Tests

[Investigasi Kursi Roda Elektrik Lipat dan Non Lipat Ditinjau dari Uji Keselamatannya]

Annas Mustakim¹⁾, Prantasi Harmi Tjahjanti *.²⁾

⁽¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

⁽²⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: prantasiharmitjahjanti@umsida.ac.id

Abstract. An electric wheelchair is a mobility aid powered by a direct current (DC) electric motor. It's categorized into electrically powered wheelchairs, electrically powered push models, and scooters, tailored for indoor, indoor/outdoor, and outdoor use. Testing includes static, dynamic, and safety tests of the electric propulsion system. Issues include suboptimal efficiency in safety testing, limitations in dynamic stability on inclines, and a static stability angle limit of 25 degrees. Understanding these factors is crucial for users and manufacturers, given the significant impact of electrical components on comfort and safety. Ensuring static stability is essential to prevent rolling on slopes.

Keywords - Electric Wheelchair, DC electric motor, Static testing, Dynamic testing

Abstrak. Kursi roda elektrik adalah alat bantu mobilitas dengan motor listrik arus searah (DC) yang digunakan oleh penyandang disabilitas. Kursi roda ini dibagi menjadi tiga kategori: kursi roda listrik, dorong listrik, dan skuter, yang digunakan untuk indoor, indoor/outdoor, dan outdoor. Pengujian meliputi statik, dinamik, dan keselamatan sistem pendorong elektrik. Tantangan termasuk efisiensi rendah dalam pengujian keselamatan, keterbatasan stabilitas dinamis di tanjakan, dan batasan sudut stabilitas statik 25 derajat. Pemahaman faktor-faktor ini penting bagi pengguna dan produsen karena komponen elektrik mempengaruhi kenyamanan dan keselamatan kursi roda. Kestabilan statik adalah kunci untuk mencegah tergelincir pada kemiringan.

Kata Kunci - Kursi Roda Elektrik, Motor elektrik DC, Pengujian statik , Pengujian dinamik

I. PENDAHULUAN

Kursi roda Elektrik merupakan pilihan alternatif untuk membantu memenuhi kebutuhan aktivitas. Pemenuhan kebutuhan aktivitas merupakan salah satu bagian penting dalam meningkatkan kemandirian klien di rumah. [1]

Kursi roda elektrik merupakan suatu alat bantu mobilitas yang digunakan oleh penyandang disabilitas dengan penggerak external dari motor elektrik berarus searah atau *direct current* (DC). Kursi roda elektrik dibagi menjadi 3 kategori yaitu *electrically powered wheelchairs*, *electrically powered push*, dan *scooters*. Dalam penggunaannya 3 kategori tersebut dibagi sesuai dengan penggunaannya yaitu *indoor*, *indoor/outdoor* dan *outdoor*.[2]

Kursi roda listrik adalah pilihan yang sangat sesuai untuk pengguna kursi roda yang ingin bergerak tanpa bantuan, akan tetapi kursi roda ini tidak bisa digunakan oleh individu yang memiliki kecacatan pada tangan mereka. Kursi roda ini menggunakan tenaga dari motor *accu* dan mudah dikendalikan melalui sebuah batang kontrol yang disebut *joy stick control*. Kursi roda ini memiliki kemampuan untuk bergerak maju dan berbelok, tetapi memiliki berat yang lebih besar daripada kursi roda biasa. Karena pengendaliannya secara otomatis, maka kursi roda elektrik memiliki harga yang tinggi dan jarang ditemukan di Indonesia. Berbeda dengan kursi roda tersebut, mayoritas pengguna kursi roda di Surabaya lebih memilih model konvensional, hingga sekitar 90 persen.

Menggunakan kursi roda biasa. Kursi roda biasa ini dapat dipindahkan oleh pengguna sendiri dengan memutar roda secara manual atau oleh orang yang mengarahkan kursi tersebut. Di samping itu, mereka juga berharap mendapatkan kursi roda yang nyaman yang mungkin dapat berfungsi sebagai tempat beristirahat atau tidur. Orang yang menggunakan kursi roda juga menginginkan kesempatan untuk bekerja di luar rumah, mirip dengan orang-orang dengan kondisi fisik yang normal.[3]

Kursi roda pintar dirancang untuk memberikan kenyamanan bagi penggunanya. Menurut data Susenas (Survei Sosial Ekonomi Nasional) tahun 2000, penyandang disabilitas di Indonesia mencapai 1,46 juta orang atau setara dengan 0,74 dari total penduduk Indonesia (197 juta jiwa). Pada tahun itu, angka penyandang disabilitas di perdesaan sebesar 0,83%. Jika dibandingkan dengan perkotaan hasilnya lebih tinggi yaitu sebesar 0,63%. menurut organisasi kesehatan dunia (WHO), baru-baru ini diperkirakan terjadi pada satu dari setiap

sepuluh orang penyandang disabilitas di Indonesia. dibandingkan dengan hasil survei cepat WHO tahun 1979, Peneliti menyimpulkan disabilitas di Indonesia mencapai 3,11. Penelitian teknologi kursi roda elektrik ini diharapkan dapat memprediksi peningkatan jumlah pasien orang lanjut usia dan penyandang cacat. Para peneliti di bidang robotika menggolongkannya ke dalam mobile robot, dimana robot kursi roda merupakan robot medis yang berfungsi sebagai alat bantu yang digunakan untuk membantu orang lumpuh dan lanjut usia. [4]. Namun, pengguna kursi roda bertenaga listrik yang mengalami kesulitan dalam melakukan tugas kemudi atau tidak mungkin mengoperasikannya tanpa asisten masing-masing berjumlah 32% dan 9% dari seluruh pengguna. Selain itu, 18% pasien baru memerlukan kursi roda bertenaga listrik, namun mereka tidak dapat menggunakan kursi roda bertenaga joystick karena kurangnya keterampilan dan kekuatan operasional.[5]

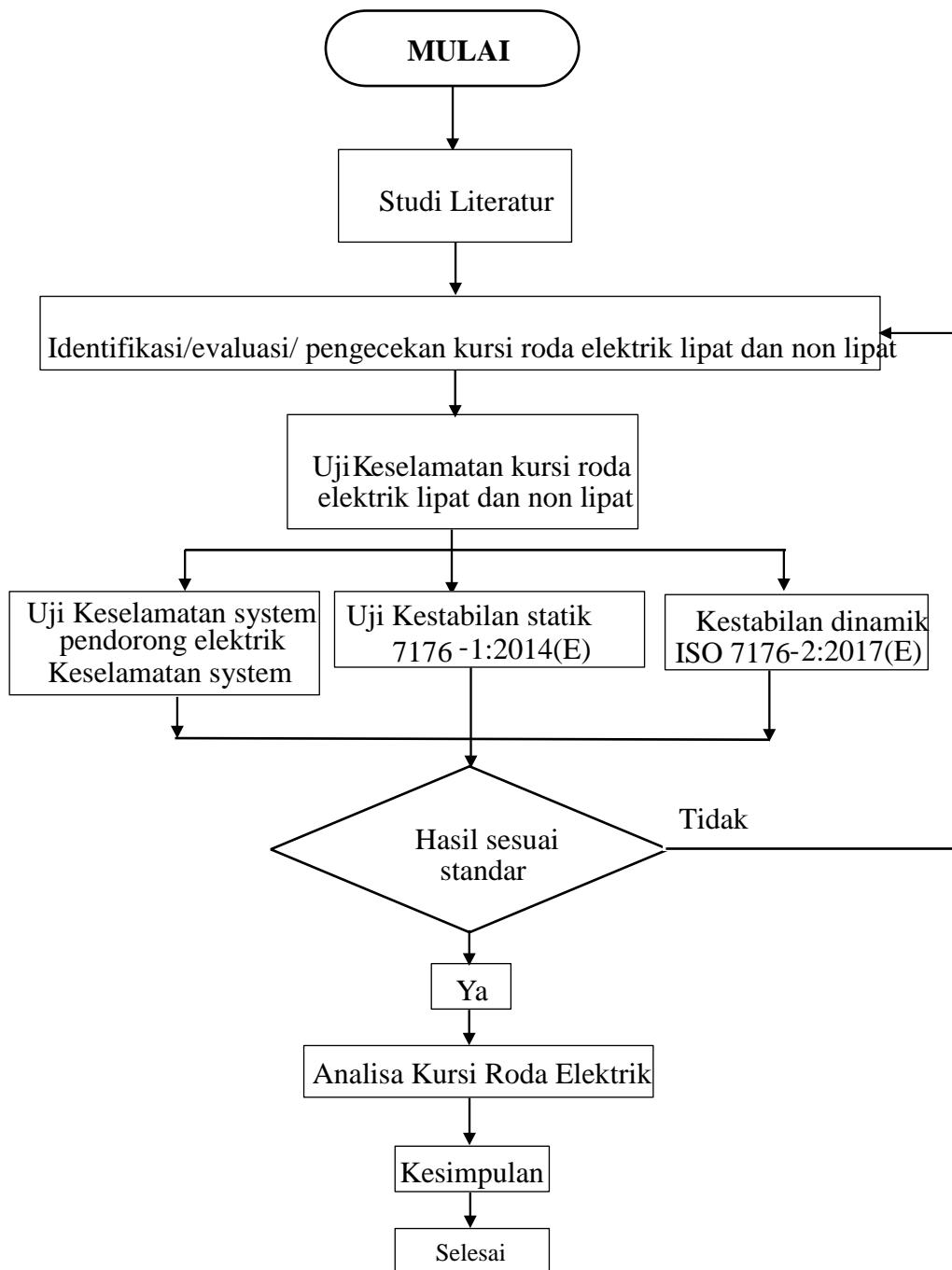
II. METODE

A. Pendahuluan

Metodologi penelitian dimulai dengan studi literatur tentang memahami konsep dasar tentang kursi roda elektrik. Kemudian melakukan Identifikasi parameter penelitian untuk Menentukan parameter kunci yang akan diinvestigasi, termasuk parameter keselamatan system pendorong elektrik, ketabilan statik, dan ketabilan dinamis. Kemudian melakukan pengujian yaitu uji kesetabilan dan uji keselamatan system Setelah itu Analisis data, yaitu mengolah data yang telah dikumpulkan dari pengujian dan pengukuran metodologi penelitian ini juga digambarkan dalam *flowchart* yang secara umum menerangkan alur penelitian ini.

B. Flowchart Penelitian

Gambar diagram (*flow chart*) adalah gambaran bagan yang menjelaskan secara umum yang menerangkan suatu alur pada suatu proses. Metodologi yang digunakan dalam menyusun penelitian ini dapat juga digambarkan dalam diagram alir (*flow chart*) pada gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Gambar diagram flowchart penelitian

C. Studi Literatur

Melakukan tinjauan literatur untuk memahami konsep dasar tentang kursi roda elektrik lipat dan non lipat serta mempelajari riset sebelumnya yang telah dilakukan terkait kursi roda elektrik, baik yang lipat maupun non-lipat, serta metode yang telah digunakan dalam penelitian sebelumnya

Penelitian terdahulu yang membahas tentang perancangan kursi roda elektrik antara lain yaitu (Anggit, Rachmad, Sayyid, 2021) dalam penelitian yang berjudul “SISTEM KENDALI JOYSTICK DAN KONVERSI KURSI RODA MANUAL KE ELEKTRIK UNTUK DISABILITAS FISIK” ini membahas tentang perancangan dan perkembangan dari kursi roda manual yang diubah menjadi kursi roda elektrik karena

digunakan untuk mempermudah penggunaannya khususnya untuk orang yang mengalami penyandang disabilitas.[6]

Kemudian penelitian yang sebelum - sebelumnya selain penelitian tersebut yang dimana penelitian tersebut dilaksanakan di Universitas Islam Indonesia yang digunakan sebagai tugas akhir. Penelitian tersebut membahas tentang perancangan dan pengembangan kursi roda elektrik yang sebelumnya sudah ada lalu dikembangkan dengan cara menambahkan fitur berdiri untuk mempermudah penyandang disabilitas, sehingga hasil penelitian tersebut diharapkan memiliki kinerja yang cukup nyaman dan lebih baik dari pada rancangan – rancangan sebelumnya. gambar modifikasi kursi roda elektrik dengan penambahan *adjuster*.[7] akan ditunjukan pada gambar 2.



Gambar 2. Modifikasi kursi roda elektrik dengan penambahan *adjuster*

Jadi gambar diatas merupakan perubahan dari hasil penelitian sebelumnya, yang semulanya kursi roda elektrik biasa yang belum hanya menggunakan penggerak *joy stick* untuk setirnya, lalu ditambahkan sabuk pengaman yang digunakan sebagai pengaman untuk penggunanya, selain itu juga kerangkannya diubah dapat di *adjuster* berdiri sehingga mempermudah penggunaanya dalam penggunaannya dan membuat pengguna menjadi lebih nyaman.

D. Identifikasi Parameter Penelitian

Menentukan parameter kunci yang akan diinvestigasi, termasuk parameter kestabilan statik, kestabilan dinamis dan keselamatan sistem pendorong elektrik. Memilih ukuran dan metrik yang sesuai untuk mengukur parameter tersebut, yaitu:

1. Kestabilan statik diukur dengan uji nilai sudut kemiringan maksimum dimana kursi roda tidak terguling. Sudut diukur pada kemiringan depan dan belakang dengan kondisi roda terkunci.[8]
2. Kestabilan dinamis diukur dengan uji nilai sudut kemiringan maksimum dimana tidak ada roda yang terangkat. Sudut diukur pada percepatan maksimum sistem penggerak. Sudut lintasan divariasikan $3^\circ, 6^\circ$, dan 10° .[9]
3. Keselamatan sistem pendorong elektrik diukur dengan uji observasi apakah ada sistem mekanisme pengaman (pemutus aliran daya listrik, *cut-off*) untuk menghindarkan *overload*, mekanisme untuk mencegah terjadinya *short circuit* (konsleting listrik), mekanisme pengaman dari air dan debu, mekanisme untuk memonitor *voltase* arus listrik dan kondisi *battery*, dan jarak tempuh maksimum untuk *battery* terisi penuh (km).[10]

E. Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa kursi roda elektrik mampu digunakan dalam berbagai kondisi lintasan, dan mampu memenuhi item pengujian Berikut, Tabel 3.1 Kriteria Pengujian Kursi Roda Elektrik Lipat Tabel 3.2 Kriteria Pengujian Kursi Roda Elektrik Non-Lipat.

Berikut adalah tabel item pengujian kursi roda elektrik non-lipat, dijelaskan juga tahapan pengujian kursi roda elektrik lipat.

Tabel 1 Kriteria Pengujian Kursi Roda Elektrik Lipat

Item Pengujian	Tahap Pengujian
	Ada mekanisme pengaman (pemutus aliran daya listrik, cut-off) untuk menghindarkan overload.
Keselamatan system pendorong elektrik. ISO7176-25:2022(E).	Ada mekanisme untuk mencegah terjadinya short circuit (konslet listrik)
	Ada mekanisme untuk memonitor dan kondisi battery.
	Ada mekanisme pengaman sistem penggerak dari air dan debu
	Ada mekanisme pengaman untuk over discharge.
Kestabilan statik ISO7176-1:2014(E).	Nilai sudut kemiringan maksimum dimana kursi roda tidak terguling pada saat pengemudi dengan berat badan 56 kg menggunakan kursi roda elektrik lipat. Sudut diukur pada kemiringan depan dan belakang dengan kondisi roda terkunci.
Kestabilan dinamik ISO 7176-2:2017(E).	Nilai sudut kemiringan maksimum dimana tidak ada roda yang terangkat. Sudut diukur pada percepatan maksimum sistem penggerak. Sudut lintasan divariasikan 3, 6 dan 10 derajat. Dengan catatan adanya pengemudi yang berat badannya 56 kg.

Berikut adalah tabel item pengujian kursi roda elektrik non-lipat, dijelaskan juga tahapan pengujian kursi roda elektrik non-lipat.

Tabel 2 Kriteria Pengujian Kursi Roda Elektrik Non-Lipat

Item Pengujian	Tahap Pengujian
	Ada mekanisme pengaman (pemutus aliran daya listrik, cut-off) untuk menghindarkan overload.
Keselamatan system pendorong elektrik. ISO7176-25:2022(E).	Ada mekanisme untuk mencegah terjadinya short circuit (konslet listrik) Ada mekanisme untuk memonitor dan kondisi battery.
	Ada mekanisme pengaman sistem penggerak dari air dan debu Ada mekanisme pengaman untuk over discharge.
Kestabilan statik ISO7176-1:2014(E).	Nilai sudut kemiringan maksimum dimana kursi roda tidak terguling pada saat pengemudi dengan berat badan 56 kg menggunakan kursi roda elektrik lipat. Sudut diukur pada kemiringan depan dan belakang dengan kondisi roda terkunci.
Kestabilan dinamik ISO 7176-2:2017(E).	Nilai sudut kemiringan maksimum dimana tidak ada roda yang terangkat. Sudut diukur pada percepatan maksimum sistem penggerak. Sudut lintasan divariasikan 3, 6 dan 10 derajat. Dengan catatan adanya pengemudi yang berat badannya 56 kg.

G. Pengumpulan Data Hasil Pengujian

Melakukan pengujian kestabilan statik dan dinamis untuk mengukur kestabilan kursi roda elektrik lipat, kursi roda elektrik lipat dan kursi roda elektrik non-lipat dalam berbagai situasi dan medan. Melakukan uji keselamatan system pendorong elektrik untuk mengetahui keamanan kursi roda elektrik lipat, kursi roda elektrik lipat dan kursi roda elektrik non-lipat. Dari hasil pengujian kestabilan statik dan dinamik kemudian hasil pengujian keselamatan system pendorong elektrik maka dapat di analisis kekurangan dan kelebihan kursi roda elektrik lipat, kursi roda elektrik lipat dan kursi roda elektrik non-lipat.

H. Analisa Kursi Roda Elektrik

Setelah data pengujian dikumpulkan untuk selanjutnya yaitu analisis kursi roda elektrik dari hasil uji keseimbangan dan uji beban untuk mengevaluasi tingkat kestabilan dinamis, serta menganalisis keselamatan system pendorong elektrik. Pada kursi roda elektrik lipat, kursi roda elektrik lipat dan kursi roda elektrik non-lipat yang sudah dilakukan pengujian, untuk memastikan keseimbangan pada kursi roda berjalan dengan baik dan sempurna sesuai ISO7176-25:2022(E), ISO7176-1:2014(E), ISO 7176-2:2017(E).

I. Kesimpulan Dan Saran

Setelah proses pengujian, pengumpulan data hasil pengujian, dan analisa kursi roda elektrik, maka ditarik beberapa kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan. Selanjutnya, kesimpulan dan saran yang dihasilkan dan diberikan akan menjadi masukan untuk penelitian, referensi, dan pandangan pada kegiatan selanjutnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembahasan Pengujian Keselamatan Kursi Roda Elektrik

Pengujian terhadap kursi roda ini telah diuji melalui beberapa tahap uji yaitu, pengujian keselamatan system pendorong elektrik ISO 7176-25:2022(E), kestabilan statik ISO 7176-1:2014(E), kestabilan dinamik ISO 7176-2:2017(E).

1. Keselamatan System Pendorong Elektrik ISO 7176-25:2022(E)

Pengujian pada tahap keselamatan system pendorong elektrik ISO 7176-25:2022(E), untuk kursi roda elektrik lipat dan non-lipat ini memiliki beberapa kriteria keberterimaan yaitu:

1. Ada mekanisme pengaman (pemutus aliran daya listrik, cut-off) untuk menghindari overload.
2. Ada mekanisme untuk mencegah terjadinya short circuit (konslet listrik)
3. Ada mekanisme untuk memonitor dan kondisi battery.
4. Ada mekanisme pengaman sistem penggerak dari air dan debu
5. Ada mekanisme pengaman untuk over discharge.

2. Kestabilan statik ISO 7176-1:2014(E)

Pengujian pada tahap kestabilan statik ISO 7176-1:2014(E), untuk kursi roda elektrik lipat 10 derajat dan kursi roda elektrik non-lipat ini ada kriteria keberterimaan yaitu, Nilai sudut kemiringan maksimum dimana kursi roda tidak terguling pada saat pengemudi dengan berat badan 56 kg menggunakan kursi roda elektrik Non-Lipat. Sudut diukur pada kemiringan depan dan belakang dengan kondisi roda terkunci.

3. Kestabilan dinamik ISO 7176-2:2017(E)

Pengujian pada tahap kestabilan dinamik ISO 7176-1:2017(E), untuk kursi roda elektrik lipat 10 derajat dan kursi roda elektrik non-lipat ini ada kriteria keberterimaan yaitu, Nilai sudut kemiringan maksimum dimana tidak ada roda yang terangkat. Sudut diukur pada percepatan maksimum sistem penggerak. Sudut lintasan divariasikan 3, 6 dan 10 derajat. Dengan catatan adanya pengemudi yang berat badannya 56 kg.

B. Hasil Pengujian Kursi Roda Elektrik

Dari hasil pengujian kursi roda elektrik lipat dan kursi roda non-lipat melalui 3 tipe pengujian dan 7 kriteria keberterimaan. Berikut adalah Tabel 1 Hasil Pengujian Kursi Roda Elektrik Lipat.

Tabel 3 Hasil Pengujian Kursi Roda Elektrik Lipat dan Non-Lipat

NO	Item Pengujian Keselamatan System Pendorong Elektrik	Kondisi Kursi Roda Elektrik		Penyelesaian Masalah
		Non-Lipat	Lipat	
1.	Ada mekanisme pengaman (pemutus aliran daya listrik, cut-off) untuk menghindari overload.	✓	✓	
Keterangan/ dokumentasi				Ada di dalam box elektrikal Ada di dalam box elektrikal

2.	Ada mekanisme untuk mencegah terjadinya short circuit (konslet listrik)	✓	✓	
Keterangan/ dokumentasi				
	Ada di dalam box elektrikal	ada didalam box elektrikal		
3.	Ada mekanisme untuk monitordan kondisi battery.	✓	X	Perlu pengantian saklar baru sebelum dikembalikan pada pengguna kursi roda,karena pada saat pengujian saklar tidak berfungsi.
Keterangan/ dokumentasi				
	Ada, namun hanya ada kapasitas daya baterai saja.	Ketika digunakan kondisi baterai tidak muncul		
4.	Ada mekanisme pengaman system penggerak dari air dan debu	✓	✓	Untuk pengaman pada sambungan kabel ini akan langsung dimasukkan kedalam box dan untuk pengaman batrainya akan dikasih penutup batrai atau rumah batrai
Keterangan/ dokumentasi				
	Belum ada pengaman sambungan kabel pada baterai.	Belum mengkomodadi sambungan kabel dengan output batterai		
5.	Ada mekanisme pengaman untuk over discharge.	X	X	Rencananya di pasangkan pengaman over discharge di dalam box control sebelum dikembalikan pada pengguna kursi roda
Keterangan/ dokumentasi		Belum ada	Belum ada	

NO	Item Pengujian	Kondisi Kursi Roda Elektrik		Penyelesaian Masalah
		Non-Lipat	Lipat	
6.	Kestabilan statik ISO 7176-1:2014(E)	✓	✓	
Keterangan/ dokumentasi	Nilai sudut kemiringan maksimum dimana kursi roda tidak terguling pada saat pengemudi dengan berat badan 56 kg menggunakan kursi roda elektrik Non-Lipat. Sudut diukur pada kemiringan depan dan belakang dengan kondisi roda terkunci.	Sudut maksimum 25°	Sudut maksimum adalah 20°	
7.	Kestabilan dinamik ISO 7176-2:2017(E)	X	X	Perlu mengganti motor yang torsinya lebih besar supaya bisa melewati sudut kemiringan $5,6^\circ$, karena yang dipakai pengujian motor bertorsi kecil.
Keterangan/ dokumentasi	Nilai sudut kemiringan maksimum dimana tidak ada roda yang terangkat. Sudut diukur pada percepatan maksimum system penggerak. Sudut lintasan divariasikan 3, 6 dan 10 derajat. Dengan catatan adanya pengemudi yang berat badannya 56 kg.	Tidak kuat menanjak untuk sudut	Tidak kuat menanjak untuk sudut kemiringan $5,6^\circ$	

IV. SIMPULAN

Berdasarkan Investigasi dan Penelitian “kursi roda elektrik lipat 10 derajat dan kursi roda elektrik non-lipat ditinjau dari keselamatannya” dengan melakukan 3 tipe pengujian dan 7 keberterimaan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pengujian keselamatan sistem pendorong elektrik ini dapat diketahui faktor-faktor penting bagi pengguna kursi roda dan pembuatan kursi roda elektrik ini karena yang berhubungan dengan komponen elektrik ini sangat berpengaruh penting pada kursi roda elektrik.
2. Pada pengujian kestabilan statik ISO7176-1:2014(E) pengujian ini sangat penting untuk kenyamanan pengguna kursi roda apabila kursi roda elektrik ini tidak diuji kestabilan statik kursi roda ini akan terguling pada kemiringan tertentu.
3. Pada pengujian Kestabilan dinamik ISO 7176-2:2017(E) pengujian ini juga sangat penting untuk kualitas kursi roda terutama pada motor yang digunakan karena pada pengujian ini ada lintasan tanjakan apabila kursi roda dapat melewati sudut lintasan yang bervariasi 3,6 , dan 10 derajat maka kursi roda elektrik tersebut kualitasnya sudah baik dan layak untuk digunakan bagi pengguna kursi roda elektrik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur kehadirat Allah Yang Maha Esa, atas berkat, rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “INVESTIGASI KURSI RODA ELEKTRIK LIPAT DAN NON LIPAT DITINJAU DARI UJI KESELAMATANNYA” yang bertujuan untuk menyelesaikan program sarjana muda (S1) di Fakultas Sains dan Teknologi yang dilaksanakan di Universitas Muhammadiyah Sidoarjo,

Kami menyadari bahwa tanpa bantuan semua pihak, kami tidak dapat menyelesaikan skripsi ini, maka dari lubuk hati terdalam dan penuh ikhlas, pada kesempatan ini kami juga ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Hidayatullah, M.SI, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
2. Bapak Iswanto, ST., M.MT, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
3. Bapak Mulyadi, S.T., M.T. sebagai Kaprodi Teknik Mesin Fakultas Saintek Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
4. Dosen pembimbing saya yang selalu memberikan bimbingan, petunjuk dan dukungan sehingga skripsi ini dapat saya selesaikan dengan hasil yang cukup baik.
5. Saudara - saudara yang selalu mendoakan dan mendukung saya agar dapat segera menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman - Teman Teknik Mesin yang selalu memberikan dukungan dan bantuan kepada saya, agar segera menyelesaikan skripsi ini.
7. Semua pihak yang telah memberikan kontribusi baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini.

Tentunya kami sebagai mahasiswa yang berproses dalam pembelajaran ini, kami masih cukup banyak dalam melakukan beberapa kesalahan baik dalam penyusunan skripsi tersebut. Maka untuk memperbaiki semua itu pada masa yang akan datang penulis mengharapkan saran dan kritik serta solusi dari pembaca.

Akhir kata saya sampaikan, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dengan baik dan cukup efektif bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

REFERENSI

- [1] A. Syakura and S. Nurhosifah, “Indonesia Pengembangan Kursi Roda yang Efektif dalam Menurunkan Dampak Negatif Imobilisasi Lama pada Penyandang Disabilitas Fisik dengan Kelumpuhan: Sistematis Review,” *Prof. Heal. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2021.
- [2] F. H. Wijaya, “Perancangan Dan Pengembangan Desain Kursi Roda Elektrik Dengan Fitur Berdiri Untuk Penyandang Disabilitas,” p. 1, 2020.
- [3] Asnan, “Jenis-jenis Kursi Roda,” pp. 1–34, 2019, [Online]. Available: <https://digilib.uns.ac.id>
- [4] M. Mustari, “Rancang Bangun Kursi Roda Elektrik yang Dapat Naik Turun Tanjakan.” Universitas Hasanuddin, 2020.
- [5] M. H. Fatoni, E. A. Suprayitno, A. Arifin, N. F. Hikmah, T. A. Sardjono, and M. Nuh, “Pemanfaatan Kursi Roda Elektrik dengan Kendali Joystick Guna Meningkatkan Kemandirian Siswa Berkebutuhan Khusus di Sekolah Luar Biasa D Yayasan Pembinaan Anak Cacat Surabaya,” *Sewagati*, vol. 7, no. 2,

- pp. 167–175, 2022, doi: 10.12962/j26139960.v7i2.446.
- [6] A. Prasetyo and U. M. Sidoarjo, “SISTEM KENDALI JOYSTICK DAN KONVERSI KURSI RODA MANUAL I . PENDAHULUAN Secara definitif pengertian kelainan fungsi anggota tubuh (disabilitas fisik / tuna daksa) adalah ketidakmampuan anggota tubuh untuk melaksanakan fungsinya disebabkan oleh berkurangn,” pp. 1–8, 2021.
- [7] E. Risdiyono, “Perancangan dan Pengembangan Desain Kursi Roda Elektrik dengan Fitur Berdiri untuk Penyandang Disabilitas,” 2020.
- [8] M. P. A. AL Y NOVI, “ANALISA STABILITAS STATIS DAN DINAMIS DARI KURSI RODA MULTIFUNGSI DENGAN DATA ANTHROPOMETRI MANUSIA INDONESIA.” Universitas Gadjah Mada, 2018.
- [9] M. Ayundyahrini, S. Suprapto, F. Fahma, W. Soetopo, and E. Pujiyanto, “Analisis Kebutuhan Teknis Stakeholder Pada Produk Kursi Roda Manual Menggunakan Zachman Framework,” *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 18, no. 1, pp. 55–63, 2019.
- [10] P. Madona, R. P. Surendra, A. Akhyan, and Y. P. Wijaya, “Perancangan Sistem Elektromekanik Pada Modifikasi Kursi Roda Manual Menjadi Kursi Roda Elektrik,” *J. Elektro dan Mesin Terap.*, vol. 5, no. 1, pp. 21–28, 2019.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.