



FEASIBILITY ANALYSIS OF A *POWER WINDOW* SIMULATOR FOR LIGHT VEHICLE

Muhamad Daim Nugraha^{1*}, Tatang Permana¹, Ridwan Adam Muhamad¹, Jaenal Mutaqien²

¹Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia

²SMKN 6 Bandung

Jl. Dr. Setiabudi No. 229, Bandung 40154

Correspondent e-mail: muhammaddaim38@gmail.com*

ABSTRACT/ABSTRAK

The limitations on using actual vehicles in the learning and testing process—due to high costs and the risk of damage—have driven the need to develop a simulator capable of supporting practical training safely and efficiently. This study aims to design and build a Power Window system simulator for light vehicles to aid in the learning process and understanding of how Power Window systems in vehicles operate. The methods used include system requirements analysis, hardware and software design, as well as testing and evaluation of the simulator's performance. The results show that the developed simulator is capable of accurately replicating the basic functions of a Power Window system, including controlling the up-and-down movement of the window via a switch, responding to abnormal conditions such as obstructions in the window track, and integrating with the vehicle's safety systems. Consequently, this simulator is expected to enhance students' practical understanding and technical skills in the field of Power Window systems for light vehicles.

Keterbatasan penggunaan kendaraan asli dalam proses pembelajaran dan pengujian akibat tingginya biaya serta risiko kerusakan mendorong perlunya pengembangan simulator yang mampu mendukung kegiatan praktik secara aman dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun simulator sistem *Power Window* pada kendaraan ringan untuk membantu proses pembelajaran dan pemahaman tentang cara kerja sistem *Power Window* pada kendaraan. Metode yang digunakan meliputi analisis kebutuhan sistem, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian dan evaluasi kinerja simulator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa simulator yang dibangun mampu mereplikasi fungsi dasar sistem *Power Window* secara akurat, termasuk kontrol naik-turun kaca jendela melalui sakelar, respons terhadap kondisi abnormal seperti hambatan pada jalur jendela, serta integrasi dengan sistem keamanan kendaraan. Dengan demikian, simulator ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman praktis dan keterampilan teknis mahasiswa dalam bidang sistem *Power Window* kendaraan ringan.

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received
03 Apr 2026

First Revised
25 Apr 2026

Accepted
16 May 2026

Online Date
18 May 2026

Publication Date
01 Jun 2026

Keywords:

Simulator; Power Window; Media Learning.

Kata kunci:

Simulator; Power Window; Media Pembelajaran.

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi otomotif yang cepat telah mengubah banyak komponen kendaraan, termasuk sistem *Power Window*. Di era modern ini, sistem *Power Window* telah menjadi fitur standar pada banyak kendaraan (Kumar, 2020). Sistem ini tidak hanya meningkatkan kenyamanan bagi pengemudi dan penumpang tetapi juga meningkatkan nilai jual kendaraan. Oleh karena itu, pemahaman dan pengembangan sistem *Power Window* yang efektif sangat penting bagi produsen dan teknisi otomotif.

Industri otomotif terus berusaha memenuhi standar keselamatan dan kenyamanan yang semakin tinggi. Tantangan utama adalah memastikan setiap komponen, termasuk sistem *power window*, memenuhi persyaratan ketat tersebut (Li, *et al.*, 2021). Penguasaan teknologi seperti sistem *power pindow* menjadi semakin penting. Namun, pembelajaran langsung pada kendaraan asli sering terkendala oleh risiko kerusakan dan biaya yang tinggi. Oleh karena itu, simulator atau media pelatihan yang dirancang dengan baik dapat menjadi alat pembelajaran yang sangat efektif bagi mahasiswa dan teknisi otomotif (Saputra & Sudarsono, 2014). Melalui media tersebut, mereka dapat mempelajari teori dan praktik sistem *Power Window* secara mendalam tanpa harus bergantung pada kendaraan asli, sehingga mengurangi risiko kerusakan dan biaya.

Penelitian ini berfokus pada desain simulator yang realistis dan mudah digunakan. Simulator tersebut diharapkan dapat mereplikasi fungsi dasar sistem *power window* secara akurat, termasuk kontrol naik-turun kaca jendela melalui sakelar, respons terhadap kondisi abnormal seperti hambatan pada jalur jendela, serta potensi integrasi dengan sistem keamanan kendaraan. Selain itu, simulator ini juga diharapkan dapat menjadi alat yang berguna dalam penelitian dan pengembangan lebih lanjut di bidang teknologi *power window*. Maka dari itu, analisis kelayakan menjadi tahap krusial untuk mengevaluasi efektivitas simulator tersebut dan memastikan bahwa teknologi ini valid serta praktis untuk dapat diterapkan dan diadopsi secara luas dalam industri maupun pendidikan teknik otomotif (Prasetyo & Sutijan, 2021).

2. METODE PENELITIAN

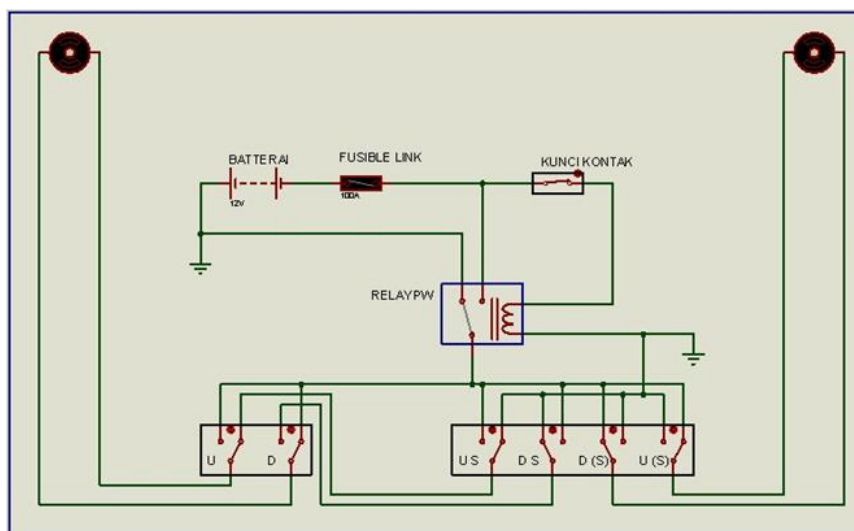
Desain penelitian ini mengadopsi model penelitian dan pengembangan *Research and Development* atau R&D yang terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu perancangan *hardware*, pengembangan *software*, serta integrasi dan pengujian sistem (Sugiyono, 2019). Pada tahap perancangan *hardware*, komponen yang diperlukan ditentukan, seperti motor *Power Window*, sakelar, dan unit catu daya. Tahap pengembangan *software* mencakup

penulisan kode program untuk mikrokontroler. Pada tahap terakhir, yaitu integrasi dan pengujian, dilakukan penyatuan *hardware* dan *software* kemudian serangkaian pengujian fungsional untuk memastikan bahwa sistem bekerja sesuai dengan rancangan. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi motor *Power Window* sebagai aktuator untuk menggerakkan kaca jendela, sakelar untuk kontrol manual, serta kunci kontak, fuse, dan relay sebagai bagian dari sistem keamanan dan proteksi.

3. HASIL PENELITIAN

Sistem *Power Window* pada kendaraan ringan memerlukan komponen-komponen esensial seperti saklar, motor *Power Window*, kunci kontak, sekering (fuse), relai, dan baterai sebagai sumber tenaga (Erjavec, 2015). Seiring perkembangan teknologi, rangkaian mikrokontroler juga memainkan peran penting dalam memodernisasi pengoperasian sistem ini. Komponen seperti Arduino Uno R3 dan modul komunikasi nirkabel Bluetooth HC-05 adalah contoh perangkat yang telah terbukti dapat diimplementasikan untuk mengontrol sistem *Power Window* secara elektronik melalui gawai pintar (Rofiq & Pamungkas, 2022).

Penelitian ini menggunakan *wiring diagram*. *Wiring diagram* merupakan sebuah diagram skematik yang menjelaskan secara rinci hubungan pengkabelan antara satu komponen dengan komponen lainnya dalam sebuah sistem (Gunterus, 1994). Oleh karena itu, diagram tersebut akan menghubungkan semua komponen dalam rangkaian instalasi listrik tertentu. *Wiring Diagram* ini sangat fundamental dan digunakan dalam perencanaan serta perbaikan suatu instalasi, misalnya instalasi listrik rumah, sistem kelistrikan kendaraan, panel kontrol industri, dan lain-lain. Gambar 3.1 merupakan *Wiring Diagram* sistem *Power Window* yang disusun sebagai sistem kelistrikan *Power Window* yang diteliti.



Gambar 3.1 *Wiring Diagram* Sistem *Power Window*

Selanjutnya, pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah komponen pada simulator *Power Window* ini layak digunakan. Hasil dan perhitungan dilakukan untuk memastikan seluruh komponen simulator dapat digunakan dan siap sebagai objek pelatihan.

3.1 Hasil Pengujian Motor *Power Window* tanpa Beban

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui arus yang dibutuhkan oleh motor *Power Window* untuk menaikkan dan menurunkan jendela tanpa komponen tambahan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa arus yang dibutuhkan adalah 1,5A baik untuk naik maupun turun, dengan kecepatan yang bervariasi untuk jendela kanan dan kiri. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Hasil Pengujian Motor *Power Window* Tanpa Beban

Pengujian	Kebutuhan Arus		Kecepatan	
<i>Power Window</i>	Naik	Turun	Naik	Turun
Kanan	1,5 A	1,5 A	3,54 dt	3,29 dt
<i>Power Window</i>	Naik	Turun	Naik	Turun
Kiri	1,5 A	1,4 A	2,84	2,81

Tabel 3.1 menunjukkan butuhan arus yang dibutuhkan saat menggunakan *Power Window* kanan dan juga kiri, hasil menunjukkan adanya perbedaan pada kecepatan naik dan turun dari kedua *Power Window*.

3.2 Hasil Pengujian Fungsi Kinerja Simulator *Power Window*

Motor *Power Window* dapat berputar dan menarik kawat baja. Pengujian langsung menunjukkan bahwa *Power Window* dapat berfungsi dengan baik, tanpa hambatan saat motor *Power Window* naik maupun turun. Hasil pengujian kinerja *Power Window* kanan dan kiri dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan 3.3.

Tabel 3. 2 Hasil Pengujian Fungsi Kinerja *Power Window* Kanan

Pengujian	<i>Power Window</i> Kanan			
	Arus saat Naik	Hambatan saat Naik	Arus saat Turun	Hambatan saat Turun
1	1,8 A	7,1 Ω	1,8 A	7,2 Ω
2	1,7 A	7,3 Ω	1,7 A	7,4 Ω
3	1,7 A	7,4 Ω	1,7 A	7,3 Ω
Rata-rata	1,7 A	7,2 Ω	1,7 A	7,2 Ω

Tabel 3. 3 Hasil Pengujian Fungsi Kinerja *Power Window* Kiri

Pengujian	<i>Power Window Kanan</i>			
	Arus saat Naik	Hambatan saat Naik	Arus saat Turun	Hambatan saat Turun
1	1,7 A	7,5 Ω	1,7 A	7,3 Ω
2	1,7 A	7,4 Ω	1,7 A	7,4 Ω
3	1,7 A	7,5 Ω	1,8 A	7,2 Ω
Rata-rata	1,7 A	7,4 Ω	1,7 A	7,3 Ω

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui motor *Power Window* dapat bekerja dengan baik. Berdasarkan Tabel 3.2 dan 3.3 terlihat tidak ada perubahan yang signifikan di tiga kali percobaan pada motor *Power Window*.

3.3 Hasil Pengujian Durabilitas Simulator *Power Window*

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan semua saklar *Power Window* pada multimeter untuk mengetahui durabilitas dari tiap komponennya dengan menggunakan daya tertentu. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Hasil Pengujian Durabilitas

Pengujian	<i>Power Window kanan</i>		<i>Power Window kiri</i>	
	Naik	Turun	Naik	Turun
Daya (W)	22,1 Watt	22,1 Watt	22,1 watt	22,1 Watt

Tabel 3.4 menunjukkan bahwa durabilitas komponen memadai untuk penggunaan simulasi.

3.4 Hasil Kecepatan Responsivitas Naik/Turun Motor *Power Window*

Hasil pengujian responsivitas pada motor *Power Window* dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Hasil kecepatan responsivitas

Pengujian	<i>Power Window kanan</i>		<i>Power Window kiri</i>	
	Naik (detik)	Turun (detik)	Naik (detik)	Turun (detik)
1	4.14 dt	3.73 dt	2.84 dt	3.34 dt
2	3.97 dt	3.94 dt	3.02 dt	3.14 dt
3	3.42 dt	3.65 dt	3.02 dt	3.23 dt
Rata-rata	3.84 dt	3.77 dt	2.96 dt	3.23 dt

Hasil pengujian kecepatan motor *Power Window* menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan dan menurunkan jendela bervariasi. Rata-rata waktu untuk *Power Window* kanan adalah 3.84 detik (naik) dan 3.77 detik (turun), sementara untuk

Power Window kiri adalah 2.96 detik (naik) dan 3.23 detik (turun). Hasil dari pengujian ini memperlihatkan bahwa terjadi perbedaan yang ada pada *Power Window* kanan, dimana lebih lama dalam menarik kabel baja dikarenakan beban yang berbeda pada simulator *Power Window*

3.5 Pengukuran Menggunakan Beban pada Motor *Power Window*

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan beban seberat 2 kg untuk mengetahui apakah motor *Power Window* dapat menaikkan jendela dengan beban tersebut. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6 Pengukuran menggunakan beban pada motor

Pengujian Berat	<i>Power Window</i> Kanan		<i>Power Window</i> Kiri	
	Naik (detik)	Turun (detik)	Naik (detik)	Turun (detik)
2kg	4.10 dt	3.84 dt	2.77 dt	3.40 dt

Hasil-hasil yang ditunjukkan pada Tabel 3.6 menunjukkan bahwa simulator *Power Window* yang dirancang telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan dan dapat berfungsi dengan baik sebagai alat pembelajaran dan pelatihan.

4. PEMBAHASAN

Hasil pengujian dan perhitungan yang telah memberikan gambaran komprehensif mengenai kelayakan simulator *Power Window* yang telah dirancang. Pembahasan berikut akan menguraikan makna dari hasil tersebut dalam konteks fungsionalitas, efisiensi, dan potensi simulator sebagai media pembelajaran. Analisis Konsumsi Daya dan Efisiensi Listrik, berdasarkan hasil perhitungan, daya yang dikonsumsi oleh setiap motor *Power Window* adalah 22,1 Watt dengan rata-rata arus yang mengalir sebesar 1,7 A pada tegangan sumber 13 V. Nilai konsumsi daya ini tergolong efisien untuk sebuah motor DC yang bertugas menggerakkan beban mekanis regulator jendela.

Arus yang stabil menunjukkan bahwa rangkaian kelistrikan yang dirancang, mulai dari baterai, fuse, relai, hingga saklar, mampu menyalurkan energi listrik tanpa hambatan berarti. Stabilitas ini sangat penting dalam analisis sistem tenaga listrik, karena fluktuasi arus yang tinggi dapat mengindikasikan adanya masalah pada rangkaian atau beban berlebih pada motor, yang pada akhirnya dapat memperpendek umur komponen (Despa, 2021). Dengan demikian, dari sisi kelistrikan, simulator ini beroperasi dalam parameter yang aman dan efisien.

Kinerja mekanis dan responsivitas sistem pengujian kecepatan responsivitas menunjukkan bahwa motor mampu menggerakkan mekanisme naik dan turun dalam waktu rata-rata 3 hingga 4 detik. Perbedaan kecil pada kecepatan antara motor kanan dan kiri dapat diatribusikan pada variasi manufaktur komponen atau friksi pada mekanisme regulator. Lebih penting lagi, pengujian dengan beban seberat 2 kg membuktikan bahwa motor memiliki torsi yang lebih dari cukup untuk mengangkat beban yang menyimulasikan kaca jendela. Kemampuan motor DC *Power Window* untuk menghasilkan torsi yang besar dalam bentuk yang ringkas merupakan karakteristik utama yang membuatnya andal, bahkan sering diimplementasikan pada aplikasi otomasi lain yang memerlukan gaya gerak tinggi seperti pada penggerak pagar geser (Firdaus, 2019).

Kemampuan motor *Power Window* untuk menghasilkan torsi besar dalam bentuk yang ringkas inilah yang membuatnya sering diimplementasikan dalam berbagai aplikasi otomasi lain, seperti pada proyek pintu gerbang geser otomatis (Firdaus, 2019). Hal ini menegaskan bahwa kinerja mekanis simulator secara akurat merepresentasikan kekuatan sistem pada kendaraan nyata. Integritas komponen dan keandalan sebuah sistem sangat bergantung pada kualitas setiap komponennya. Hasil pengujian durabilitas pada saklar yang menunjukkan nilai kontinuitas 0,2 ohm mengindikasikan koneksi internal saklar sangat baik dan hampir tidak ada energi yang hilang. Dalam sistem kelistrikan otomotif, nilai resistansi kontak yang rendah pada saklar merupakan parameter krusial yang memastikan perintah dari pengguna dapat diteruskan ke relai dan motor secara instan dan andal (Setiawan & Haryanto, 2020). Keandalan ini didukung lebih lanjut oleh pengujian tegangan yang memperlihatkan tidak adanya voltage drop signifikan antara sumber (aki) dan rangkaian, yang membuktikan seluruh jalur kelistrikan memiliki integritas yang baik.

Penggunaan relai sebagai saklar elektromagnetik dalam desain ini merupakan praktik standar untuk mengontrol perangkat dengan arus tinggi seperti motor, di mana sirkuit kontrol berarus rendah dapat dengan aman mengaktifkan sirkuit daya berarus tinggi, sebuah prinsip yang juga diterapkan dalam sistem kontrol berbasis mikrokontroler (Budiyanto, 2020). Kelayakan sebagai media pembelajaran interaktif secara keseluruhan, data hasil pengujian menegaskan bahwa simulator ini layak untuk dijadikan media pembelajaran interaktif. Keberhasilan simulator dalam mereplikasi karakteristik kelistrikan dan mekanis dari sistem *Power Window* sesungguhnya merupakan faktor kunci efektivitasnya. Hal ini karena media pembelajaran yang baik harus mampu menjembatani konsep teoretis dengan aplikasi praktis di dunia nyata, sehingga dapat meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa secara signifikan (Prihanto & Wibowo, 2021).

Stabilitas operasional, responsivitas, dan integritas komponennya menciptakan platform yang andal bagi siswa untuk melakukan praktik, seperti mengukur tegangan, arus, dan kontinuitas. Dengan simulator ini, siswa dapat memahami hubungan sebab-akibat dalam sebuah rangkaian kelistrikan otomotif secara langsung. Proyek seperti ini, yang mengubah komponen teoretis menjadi sebuah sistem fungsional, terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan praktis, sejalan dengan tujuan implementasi teknologi seperti Arduino dalam proyek-proyek edukasi (Arrahman, 2022).

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan sebuah simulator *Power Window* yang efektif untuk digunakan sebagai alat pembelajaran dan pelatihan di bidang otomotif. Melalui serangkaian tahapan metodologi yang meliputi perancangan *hardware*, pengembangan *software*, integrasi, dan pengujian sistem, penelitian ini memastikan bahwa semua komponen bekerja dengan baik dan memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

Simulator ini memberikan manfaat besar sebagai alat bantu dalam pendidikan teknik otomotif, memberikan kesempatan bagi mahasiswa dan teknisi untuk belajar dan berlatih tanpa risiko merusak kendaraan asli. Selain itu, simulator ini juga dapat digunakan dalam penelitian dan pengembangan lebih lanjut di bidang teknologi *Power Window*.

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan untuk menambahkan fitur-fitur tambahan seperti sensor deteksi hambatan untuk meningkatkan keselamatan, serta integrasi dengan sistem kendaraan lainnya untuk simulasi yang lebih komprehensif. Selain itu, peningkatan pada antarmuka pengguna dapat membuat simulator ini lebih *user-friendly* dan efektif dalam proses pembelajaran.

6. REFERENSI

- Arrahman, B. (2022). Rancang Bangun Pintu Gerbang Otomatis Menggunakan Arduino Uno R3. *Portal Data*, 1(1), hal. 1–13.
- Budiyanto, P. (2020). Kontrol *Relay* dan Kecepatan Kipas Angin *Direct Current* (DC) dengan Sensor Suhu LM35 Berbasis *Internet of Things* (IoT). *Jurnal Ilmiah Elektronika*, 8(1), 43–54.
- Despa, G. F. (2021). Analisis Sistem Tenaga Listrik pada Gedung Bertingkat. *Jurnal Teknologi Elektro*, 12(3), 45–60.
- Erjavec, J. (2015). *Automotive Technology: A Systems Approach* (6th ed.). Cengage Learning.
- Firdaus, H. (2019). Rancang Bangun Penggerak Pintu Pagar Geser Menggunakan 12 Volt *Direct Current* (DC) *Power Window Motor Gear*. *Jurnal Teknik Elektro*, 5(1), 1-8.
- Gunterus. (1994). *Gambar Teknik Listrik*. Rineka Cipta.

- Nugraha, M. D. (2024). Analisis Kelayakan pada Simulator *Power Window* Kendaraan Ringan. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Prasetyo, D. &. (2021). Pengembangan *Trainer Electronic Fuel Injection* (EFI) sebagai Media Pembelajaran di Sekolah Menengah Kejuruan. *Jurnal Otomasi, Edukasi, dan Teknologi*, 2(2), 78–86.
- Prihanto, D. &. (2021). Pengembangan dan Uji Kelayakan Trainer Sistem Kelistrikan Bodi untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SMK. *Jurnal Pendidikan Vokasi dan Teknologi*, 12(1), 34-42.
- Rofiq, A. &. (2022). Prototipe Sistem Kontrol *Power Window* Mobil Menggunakan *Smartphone* Android Berbasis Arduino. *Jurnal Ilmiah Edutic*, 8(2), 115–122.
- Saputra, D. I. (2014). Pengembangan Trainer Sistem *Power Window* Sebagai Media Pembelajaran pada Standar Kompetensi Memperbaiki Sistem Kelistrikan Pengaman dan Kelengkapan Tambahan di SMK Piri 1 Yogyakarta. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 4(2), 195–208.
- Kumar, P., & Sharma, R. (2020). *Simulation Tools in Automotive Education*. *International Journal of Engineering Education*, 36(3), 456-469.
- Li, X., & Chen, H. (2021). *Advancements in Automotive Power Window Systems*. *Journal of Automotive Technology*, 52(1), 89-105.