

## RANCANG BANGUN *CONTROL PRELOAD ELECTRONIC* PADA SIMULATOR SUSPENSI BELAKANG SEPEDA MOTOR

Tito Adedira Rahmadani 1; Ramdhani 2\*

Universitas Pendidikan Indonesia

\*Corresponding Author: [titoadedira@upi.edu](mailto:titoadedira@upi.edu)

### *Abstract*

*This study aims to create and develop an electronic preload control system on a motorcycle rear suspension simulator, as a mechatronics-based learning tool. This system was created to replace the inefficient manual preload adjustment method, which cannot quickly adapt to load changes. This research used the Research and Development (R&D) method, which consists of several stages, namely needs analysis, planning, initial product development, testing, revision, and validation. The system was designed using an Arduino Uno microcontroller as the control center that receives input from a B100k potentiometer and regulates a modified MG996R servo motor so that it can rotate continuously. Other components, such as the LM2596 step-down module, are used to maintain a stable voltage, while the push button serves as a zero point calibration system to ensure that the sensor remains accurate in reading data. The test results show that the system is capable of automatically adjusting the preload with a fast and highly precise response, where the servo motor movement follows the change in potentiometer resistance linearly until it reaches 21 full rotations. This system has proven to be stable and efficient in long-term use without experiencing a decline in performance. Overall, this simulator is considered highly effective as an interactive learning medium for understanding how electronic suspension works, and has the potential to be developed into an initial model for smart suspension systems in the future.*

**Key Words:** *Arduino Uno; Electronic Preload Control; Suspension Simulator*

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan membuat dan membangun sistem kontrol *preload* elektronik pada simulator suspensi belakang sepeda motor, sebagai alat pembelajaran berbasis teknologi mekatronika. Sistem ini dibuat untuk menggantikan cara pengaturan *preload* secara manual yang tidak efisien dan tidak bisa menyesuaikan perubahan beban secara cepat. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang terdiri dari beberapa tahapan, yaitu analisis kebutuhan, perencanaan, pengembangan produk awal, pengujian, revisi, dan validasi. Sistem dirancang dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat pengendali yang menerima masukan dari potensiometer B100k dan mengatur motor servo MG996R yang sudah dimodifikasi agar dapat berputar terus-menerus. Komponen lain seperti modul step-down LM2596 digunakan untuk menjaga tegangan tetap stabil, sedangkan tombol *push button* berfungsi sebagai sistem kalibrasi titik nol untuk memastikan sensor tetap akurat dalam membaca data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengatur *preload* secara otomatis dengan respon yang cepat dan sangat presisi, di mana pergerakan motor servo mengikuti perubahan nilai resistansi potensiometer secara linier hingga mencapai 21 putaran penuh. Sistem ini terbukti stabil dan efisien dalam penggunaan jangka panjang tanpa mengalami penurunan kinerja. Secara keseluruhan, simulator ini dinilai sangat efektif sebagai media pembelajaran interaktif untuk memahami cara kerja suspensi elektronik, serta memiliki potensi dikembangkan menjadi model awal *smart suspension* di masa depan.

**Kata Kunci:** *Arduino Uno; Control Preload Electronic; Simulator Suspensi*

## PENDAHULUAN

Sistem suspensi pada sepeda motor sangat penting untuk menjaga keseimbangan, kenyamanan, dan keselamatan saat berkendara. Komponen utama dalam sistem ini adalah pegas dan peredam kejut, yang bekerja bersama untuk menyerap getaran dari permukaan jalan yang tidak rata. Salah satu faktor yang memengaruhi cara kerja suspensi adalah *preload*, yaitu gaya awal yang ada pada pegas sebelum pegas tersebut mengalami beban bergerak. Penyesuaian *preload* akan memengaruhi tinggi badan sepeda motor (*ride height*) dan kekakuan dari sistem suspensi (Venkatesh, et al. 2024).

Dalam sistem tradisional, pengaturan *preload* dilakukan secara manual dengan menggunakan kunci khusus atau tuas mekanis. Metode ini membutuhkan waktu dan keahlian serta tidak bisa menyesuaikan secara otomatis terhadap perubahan beban dan kondisi jalan (Pham 2025). Bersamaan dengan perkembangan teknologi mobil, terdapat kebutuhan untuk menciptakan sistem kontrol *preload* elektronik yang mampu menyesuaikan kekakuan suspensi secara langsung berdasarkan sinyal dari sensor dan beban kendaraan (Beller 2024).

Penerapan *electronic preload control* memberikan beberapa beberapa manfaat, seperti membuat perjalanan lebih nyaman, meningkatkan kestabilan kendaraan, serta memperpanjang masa pakai komponen suspensi (Jirfi, et al. 2024). Selain itu, sistem ini juga bisa dipasangkan dengan teknologi sensor dan aktuator yang akurat, sehingga bisa diintegrasikan ke dalam sistem kendali mikro untuk menghasilkan pengaturan yang bisa berubah sesuai kebutuhan dan menghemat energi. Dalam bidang pendidikan teknik, simulator suspensi belakang sepeda motor dengan kontrol *preload* elektronik sangat berguna sebagai alat belajar untuk memahami hubungan antara sistem mekanik dan sistem kontrol yang cerdas (Petrone, et al. 2023).

Perkembangan teknologi kendaraan modern mendorong kebutuhan akan metode pembelajaran yang tidak hanya fokus pada bagian mekanik tradisional, tetapi juga mencakup pemahaman tentang sistem elektronik yang menjadi bagian penting dari kendaraan masa kini. Dalam era kendaraan cerdas dan otomasi industri, kemampuan untuk memahami serta merancang sistem berbasis elektronik adalah keterampilan yang harus dimiliki oleh para pekerja di bidang teknik otomotif. Hal ini selaras dengan arah pengembangan pendidikan vokasional seperti yang dijelaskan oleh Dyah Nuri Rachmawati dan Muhkamad Wakid (Rachmawati and Wakid 2025) bahwa Pendidikan kejuruan bertujuan untuk memberikan kemampuan kerja yang sesuai dengan kebutuhan industri, baik dalam hal keterampilan teknis maupun kemampuan interpersonal.

Kebutuhan industri otomotif akan tenaga kerja yang bisa menggabungkan elektronika, kontrol digital, dan mekanik semakin besar, terutama karena kemajuan teknologi suspensi adaptif dan pengatur beban elektronik pada sepeda motor modern. Teknologi ini bekerja

otomatis untuk menyesuaikan kekakuan suspensi berdasarkan beban dan kondisi jalan, sehingga meningkatkan kenyamanan serta stabilitas saat berkendara. Karena itu, dibutuhkan alat bantu pembelajaran yang bisa menjelaskan cara kerja sistem tersebut secara mudah dipahami dan bisa diterapkan. Alat ini diharapkan bisa digunakan sebagai sarana belajar bagi mahasiswa atau siswa SMK untuk memahami cara kerja sistem pengatur beban elektronik, sekaligus menambah kemampuan praktis di bidang sistem sasis dan suspensi.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem kontrol *preload* elektronik pada simulator suspensi belakang sepeda motor dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan kenyamanan berkendara. Sistem ini dibangun menggunakan mikrokontroler yang bertugas untuk menyesuaikan tingkat *preload* suspensi secara otomatis berdasarkan kondisi yang terdeteksi oleh sensor posisi dan berat, sehingga mampu memberikan umpan balik yang tepat dan akurat. Selain itu, kinerja sistem dievaluasi melalui serangkaian pengujian nyata dan simulasi untuk memastikan efektivitas pengaturan serta stabilitas sistem kontrol. Hasil akhir dari studi ini adalah simulator suspensi belakang yang dapat dimanfaatkan sebagai alat pembelajaran teknik otomotif yang didasarkan pada kontrol elektronik dengan kemampuan penyesuaian sesuai kebutuhan pengguna.

Dengan rancangan ini, diharapkan sistem bisa menyesuaikan diri secara otomatis terhadap perubahan beban dan kondisi kendaraan yang berubah-ubah, sehingga meningkatkan kinerja suspensi secara keseluruhan.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan pendekatan eksperimen rekayasa. Metode R&D dipilih karena penelitian ini bertujuan mengembangkan dan memvalidasi produk teknologi, yaitu control *preload* electronic yang diterapkan pada simulator suspensi belakang sepeda motor. Menurut Borg dan Gall (Mesra, et al. 2023), R&D merupakan metode yang digunakan untuk mengembangkan produk dan menguji efektivitasnya melalui tahapan sistematis mulai dari analisis kebutuhan hingga uji kelayakan (Sugiyono 2013). Tahapan penelitian dibuat berdasarkan model R&D Borg & Gall yang telah disederhanakan menjadi tujuh langkah utama yang relevan untuk penelitian teknik:

### **1. Analisis Kebutuhan dan Studi Literatur**

Penelitian ini dimulai dengan mengenali isu yang terdapat dalam sistem suspensi pada kendaraan roda dua, khususnya pada model *preload* manual yang masih banyak digunakan. Sistem ini cenderung kurang praktis karena memerlukan penyesuaian manual yang tidak efisien dan tidak bisa beradaptasi secara otomatis dengan kondisi jalan atau berat yang berbeda. Untuk

mengatasi masalah tersebut, dilakukan kajian literatur tentang sistem suspensi elektronik, termasuk pemahaman tentang sensor, aktuator, dan mekanisme kontrol yang ada pada *electronic preload adjuster* yang dapat secara otomatis menyesuaikan kekuatan suspensi berdasarkan kondisi tertentu. Selain itu, dilakukan wawancara dan observasi langsung terhadap pengguna sepeda motor serta teknisi untuk memahami kebutuhan yang sebenarnya di lapangan, agar dapat dirancang simulator suspensi elektronik yang sesuai dengan kebutuhan pengguna dan mudah diterapkan.

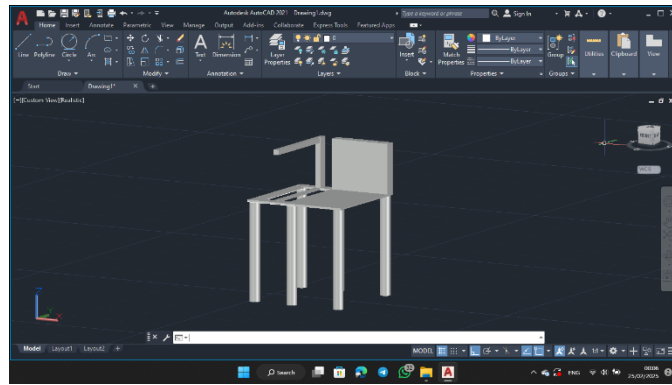
## 2. Perencanaan (*Planning*)

Tabel 1. Kebutuhan Komponen Simulator Control *Preload Electronic*

No	Nama Alat	Jumlah
1.	Shockbreaker	1 Buah
2.	Hydraulic <i>Preload Adjuster</i>	1 Buah
3.	Arduino Uno	1 Buah
4.	Stepdown LM 2596	1 Buah
5.	Box Fuse	1 Buah
6.	Fuse 5A	1 Buah
7.	Motor Servo MG996R	1 Buah
8.	Kabel	10 Meter
9.	<i>Push button</i>	1 Buah
10.	Potensio B100K	1 Buah
11.	Besi Hollow 3x3 cm	12 Meter
12.	Elektroda	1 Dus
13.	Akrilik 50x50 cm	1 Lembar
14.	Capit Buaya	1 Set

Tahapan selanjutnya dalam penelitian ini adalah menentukan spesifikasi sistem kontrol *preload* elektronik yang akan dibuat. Spesifikasi ini mencakup kebutuhan fungsional dan teknis agar sistem dapat beroperasi secara optimal dalam mengatur kekerasan suspensi sesuai dengan kondisi jalan dan berat kendaraan. Setelah itu, akan dilanjutkan dengan pemilihan komponen utama yang akan digunakan, seperti sensor posisi untuk mendeteksi perubahan tinggi suspensi, mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali pusat sistem, motor servo untuk menggerakkan sistem pengatur *preload*, serta aktuator yang bertugas secara fisik mengubah suspensi. Berdasarkan komponen-komponen tersebut, akan disusun diagram blok untuk sistem kontrol yang menunjukkan interaksi antara komponen serta skema rangkaian elektronik yang menguraikan hubungan kelistrikan secara detail, sebagai dasar dalam proses perancangan dan implementasi sistem dalam bentuk fisik.

### 3. Pengembangan Produk Awal (*Develop Preliminary Form of Product*)



Gambar 1. Desain Meja Simulator Menggunakan Aplikasi *AutoCAD*

Pada tahap ini, dibuatlah model pertama simulator untuk sistem *preload* elektronik dengan menggunakan perangkat lunak CAD untuk merancang model mekanis secara mendetail dan tepat, serta memanfaatkan komponen keras berbasis mikrokontroler sebagai inti pengatur sistem. Model awal ini dirancang untuk meniru perilaku suspensi elektronik dalam situasi nyata. Selanjutnya, dikembangkan program kontrol (*firmware*) yang diinstal pada mikrokontroler, dengan menerapkan algoritma kontrol seperti PWM (Modulasi Lebar Pulsa) untuk mengatur kecepatan dan posisi aktuator, atau PID (*Proporsional-Integra-Derivatif*) yang bertujuan untuk menghasilkan respons sistem yang lebih stabil, akurat, dan peka terhadap perubahan beban serta kondisi permukaan jalan.

### 4. Uji Coba Awal (*Preliminary Field Testing*)

Tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian fungsi pada prototipe guna memastikan bahwa semua bagian dan sistem berfungsi sesuai dengan desain yang telah ditetapkan. Proses ini termasuk analisis kinerja mekanik, respons sistem kontrol, serta stabilitas perangkat lunak dalam mengatur perubahan *preload* suspensi secara elektronik. Setelah pengujian dilaksanakan, langkah berikutnya adalah mengidentifikasi kekurangan atau masalah yang muncul pada desain, baik dari segi mekanik seperti ketahanan dan akurasi gerakan, aspek kelistrikan seperti stabilitas daya dan koneksi rangkaian, serta perangkat lunak seperti ketepatan algoritma kontrol dan kecepatan respons sistem. Temuan dari evaluasi ini akan menjadi dasar untuk melakukan perbaikan dan penyempurnaan pada sistem agar prototipe dapat beroperasi dengan lebih efektif dan andal.

### 5. Revisi Produk (*Main Product Revision*)

Berdasarkan hasil dari tes awal, telah dilakukan perubahan pada desain sistem kontrol dan mekanisme penggerak untuk mengatasi beberapa kekurangan yang ditemukan. Perubahan ini mencakup peningkatan pada algoritma kontrol agar respons sistem menjadi lebih halus dan akurat, serta penyesuaian pada elemen mekanik untuk memastikan bahwa pergerakan aktuator lebih stabil dan efisien. Selain itu, perbaikan juga telah dilakukan pada desain antarmuka

pengguna agar lebih mudah dimengerti, responsif, dan sederhana dalam penggunaannya. Pada tahap ini, pemeriksaan ulang terhadap kestabilan sistem secara keseluruhan juga telah dilakukan untuk memastikan semua komponen, baik perangkat keras maupun perangkat lunak, dapat beroperasi secara konsisten, aman, dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

#### 6. Uji Coba Lapangan (*Main Field Testing*)

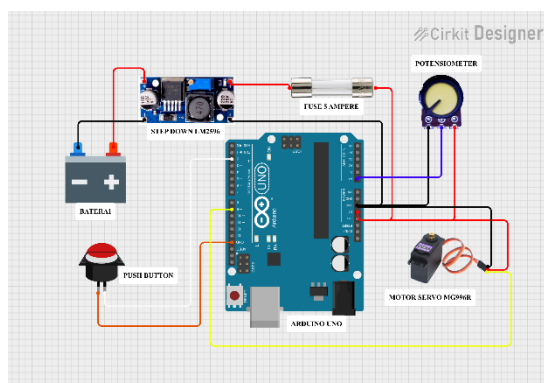
Tahap selanjutnya adalah melaksanakan penilaian terhadap kinerja sistem dengan menggunakan simulator suspensi yang telah dirancang. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi sejauh mana sistem *preload* elektronik mampu berfungsi secara optimal di berbagai situasi. Proses ini melibatkan pengukuran respons dinamis, yang menunjukkan kemampuan sistem dalam menanggapi perubahan kondisi secara langsung, kecepatan aktuasi atau seberapa cepat aktuator dapat mengubah posisi *preload*, serta ketepatannya dalam melakukan penyesuaian terhadap perubahan beban yang diterapkan pada simulator. Semua pengujian dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan alat pengukuran mekanik dan elektronik, seperti sensor posisi, pengukur gaya, dan perangkat perekam data, bertujuan untuk memperoleh hasil yang akurat dan dapat menjadi dasar analisis kinerja sistem secara menyeluruh.

#### 7. Validasi dan Implementasi Produk (*Final Product Revision & Dissemination*)

Tahap terakhir dari penelitian ini adalah mengevaluasi hasil dari pengujian performa sistem *preload* elektronik dengan membandingkannya dengan sistem manual yang masih lazim digunakan pada sepeda motor konvensional. Analisis ini bertujuan untuk menilai peningkatan kinerja, efisiensi, dan kenyamanan yang diberikan oleh sistem berbasis elektronik. Dari hasil pengujian, sebuah laporan evaluasi telah disusun, yang mencakup diskusi tentang efektivitas dan efisiensi sistem, termasuk manfaat serta kesempatan untuk perkembangan di masa depan. Selanjutnya, temuan penelitian ini akan disebarluaskan melalui publikasi ilmiah untuk memberikan kontribusi terhadap kemajuan teknologi suspensi kendaraan, serta diwujudkan dalam bentuk prototipe yang siap untuk diterapkan sebagai dasar bagi inovasi produk atau sistem suspensi elektronik yang lebih efisien dan praktis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil



Gambar 2. Wiring Diagram Simulator Control *Preload* Electronic

Simulator *preload* elektronik pada sistem suspensi belakang sepeda motor yang dikembangkan dalam penelitian ini berhasil mencapai tujuan utamanya, yaitu merancang dan mewujudkan sistem kontrol otomatis berbasis mikrokontroler yang mampu mensimulasikan pengaturan *preload* secara tepat dan terukur. Sistem simulator ini dirancang dengan menggabungkan beberapa komponen penting yang bekerja secara sinergis. Komponen-komponen tersebut antara lain adalah Arduino Uno sebagai pengendali utama, potensiometer tipe B100k sebagai sensor untuk mendeteksi perubahan mekanis pada *preload*, motor servo MG996R yang telah dimodifikasi agar bisa berputar terus-menerus ke dua arah untuk menggerakkan mekanisme *preload*, modul step-down LM2596 sebagai penstabil tegangan untuk mendukung kinerja komponen elektronik, serta *push button* yang digunakan sebagai alat kalibrasi titik nol untuk memastikan akurasi pembacaan sensor.

Dalam pembuatan sistem, setiap bagian bekerja bersama-sama untuk membentuk kontrol yang efisien dan bisa diandalkan. Arduino Uno bekerja sebagai pengendali yang menerima sinyal dari potensiometer, yang menggambarkan perubahan posisi *preload*. Sinyal tersebut diproses dengan program pengendalian berbasis logika terintegrasi (Yusuf and Yasdin 2023). Output dari program ini digunakan untuk menentukan arah dan jumlah putaran motor servo MG996R. Cara kerja ini memungkinkan sistem mengatur *preload* secara otomatis sesuai dengan perubahan dari sensor. Tombol tekan juga digunakan sebagai alat untuk menyetel titik nol, yang sangat penting dalam menjaga akurasi dan kestabilan pembacaan sensor, terutama ketika posisi awal mekanisme *preload* berubah karena pengujian berulang atau variasi dalam simulasi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kontrol *preload* elektronik yang dibuat bisa bekerja dengan baik dan responsif. Motor servo bergerak sesuai dengan perubahan nilai resistansi pada potensiometer; ketika potensiometer diputar ke kanan, motor servo berputar ke arah kanan, dan sebaliknya. Jumlah putaran motor dibatasi maksimal hingga 21 putaran penuh,

yang merupakan batas aman dari gerakan potensiometer untuk mencegah kerusakan mekanik. Penyesuaian kecepatan putaran motor juga menunjukkan kestabilan yang baik, menghasilkan gerakan yang lembut, konsisten, dan presisi tanpa ada keterlambatan yang signifikan. Stabilitas sistem ini sangat bergantung pada modul LM2596 yang mampu menjaga tegangan suplai tetap stabil, sehingga mencegah fluktuasi daya yang bisa mengganggu kinerja motor atau mikrokontroler.

Secara keseluruhan, hasil implementasi menunjukkan bahwa simulator *preload* elektronik ini mampu menggambarkan fungsi kerja sistem suspensi sepeda motor secara nyata dan edukatif. Perangkat ini tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu pembelajaran dalam mata kuliah Sistem Sasis Otomotif, tetapi juga bisa digunakan sebagai media penelitian untuk pengembangan teknologi otomotif berbasis kontrol elektronik. Penerapan sistem ini membuka peluang pengembangan pada aplikasi yang lebih kompleks, seperti penggunaan sensor gaya (*load cell*), sistem kontrol berbasis umpan balik (*closed-loop control*), atau antarmuka pengguna berbasis komputer. Dengan demikian, simulator *preload* elektronik ini dapat menjadi sarana pembelajaran interaktif yang menghubungkan pemahaman teoretis dengan praktik nyata dalam bidang teknologi suspensi kendaraan bermotor, serta menjadi dasar pengembangan inovasi otomotif yang berorientasi digital di masa depan.

### **Pembahasan**

Hasil studi ini menunjukkan bahwa sistem kendali *preload* elektronik pada simulator suspensi belakang sepeda motor dapat secara otomatis menyesuaikan beban bergantung pada kondisi tertentu, meningkatkan kenyamanan dan stabilitas kendaraan. Temuan ini selaras dengan penelitian Baronti dan tim pada (F. Baronti, F. Lenzi, et al. 2008) yang mengembangkan sistem kendali elektronik untuk penyesuaian *preload* suspensi secara mandiri, di mana pengendali dapat mengubah kekakuan pegas sesuai dengan variasi beban tanpa memerlukan campur tangan dari pengendara. Dalam penelitian ini, hasil pengujian menunjukkan respons kendali yang lebih halus dan responsif terhadap perubahan beban untuk mempertahankan kinerja suspensi tanpa bergantung pada sensor eksternal.

Menurut Liu, Lin, dan Hung pada (Liu, et al. 2017), gabungan sistem suspensi pasif dan aktif yang dikelola secara elektronik dapat meningkatkan efektivitas energi dan kenyamanan berkendara, karena mampu mengoptimalkan redaman dan kekakuan sesuai dengan situasi jalan. Temuan ini mendukung hasil penelitian ini, di mana sistem kendali elektronik berbasis mikrokontroler dapat memberikan penyesuaian waktu nyata terhadap beban dinamis. Di samping itu, hasil ini juga sejalan dengan penelitian Terada et al. pada (Terada, et al. 2020) yang menekankan pentingnya penerapan logika kendali cerdas untuk menjaga kestabilan kendaraan bermotor lewat pengaturan elektronik pada suspensi.

Parravicini (Parravinci 2024) mencatat bahwa desain logika kendali yang sederhana namun adaptif dapat meningkatkan kenyamanan dan keamanan dalam pengendalian sepeda motor. Dalam konteks penelitian ini, penggunaan motor servo untuk mengatur *preload* secara elektronik memberikan respons yang lebih akurat dibandingkan dengan sistem mekanis tradisional. Selain itu, penggunaan peredam elektromagnetik memberikan keuntungan berupa kemampuan regeneratif serta kontrol yang lebih cepat terhadap perubahan beban, yang menjadi perhatian dalam pengembangan sistem ini untuk meningkatkan efisiensi dan kestabilan.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa sistem kendali yang dirancang memiliki waktu respons yang cukup cepat terhadap perubahan beban. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Gadola dan tim-(Gadola, et al. 2019) yang menekankan pentingnya kecepatan respons kendali suspensi terhadap perubahan kondisi jalan agar kestabilan dan kenyamanan berkendara tetap terjaga. Dalam sistem ini, algoritma kendali yang dikembangkan mampu meniru perilaku semi-aktif seperti yang dijelaskan oleh Garziad dan Saka (Mouad and Saka 2018), di mana sistem suspensi dikendalikan berdasarkan model prediktif untuk menjaga posisi optimal kendaraan dengan permukaan jalan.

Lebih jauh, hasil penelitian ini menguatkan temuan Beller-(Beller 2024) yang menerapkan kecerdasan buatan dalam sistem suspensi semi-aktif untuk sepeda motor. Ia menekankan bahwa pendekatan elektronik dapat mengadaptasi parameter redaman dan kekakuan secara *real-time* untuk meningkatkan kontrol pengendara. Dalam penelitian ini, meskipun belum menerapkan algoritma berbasis kecerdasan buatan, sistem kendali *preload* elektronik yang dikembangkan sudah menunjukkan potensi menuju sistem yang lebih cerdas dan adaptif. Selain itu, Elankovan dan Ramesh (M.G. and Ramesh 2015) juga menunjukkan bahwa desain elektromagnetik yang dikendalikan secara elektronik dapat meningkatkan efektivitas peredaman dan mengurangi konsumsi energi—hal ini sangat relevan dengan sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini.

Secara keseluruhan, studi ini memberikan sumbangan bagi pengembangan sistem kontrol elektronik pada suspensi motor, terutama pada aspek pengaturan *preload*. Metode yang diterapkan menunjukkan hasil kinerja yang sebanding dengan penelitian yang dilakukan oleh Baronti dan tim (F. Baronti, Lenzi, et al. 2007), yang menekankan potensi sistem kontrol elektronik untuk mengatur kekakuan pegas dalam berbagai kondisi beban. Dengan hasil uji yang menunjukkan kestabilan sistem dan peningkatan kenyamanan, studi ini memperkuat argumen bahwa pengendalian *preload* elektronik memiliki peranan krusial dalam meningkatkan kinerja suspensi, memberikan kenyamanan bagi pengendara, dan efisiensi keseluruhan sistem.

## SIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan simulator untuk pengatur *preload* elektronik pada suspensi belakang sepeda motor dengan tingkat keberhasilan yang tinggi dalam hal fungsi, kestabilan, dan ketepatan kontrol. Sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno, sensor potensiometer B100k, motor servo MG996R yang telah dimodifikasi, modul step-down LM2596, serta fitur kalibrasi digital yang dioperasikan dengan tombol *push button* untuk menciptakan pengaturan *preload* otomatis, akurat, dan responsif terhadap perubahan posisi mekanis.

Secara teknis, sistem ini mampu mengonversi sinyal analog yang dihasilkan oleh potensiometer menjadi instruksi digital yang diproses oleh mikrokontroler untuk mengatur pergerakan motor servo dengan cara linear dan proporsional hingga 21 putaran penuh. Modul LM2596 sangat penting untuk menjaga kestabilan pasokan tegangan, sedangkan fitur kalibrasi titik nol meningkatkan keakuratan pembacaan sensor dengan mengurangi kesalahan *offset*, yang menunjukkan penerapan prinsip kontrol umpan balik tertutup yang efektif.

Dari sisi mekanis, pergerakan motor servo yang halus tanpa overshoot menunjukkan bahwa algoritma kontrol sederhana sudah cukup untuk sistem simulasi statis, meskipun masih bisa ditingkatkan dengan kontroler PID untuk beban yang dinamis. Secara keseluruhan, simulator ini memenuhi fase-fase dari metode *Research and Development* (RnD) Borg dan Gall, menghasilkan produk yang valid dan bermanfaat. Selain berfungsi sebagai alat uji mekanik, simulator ini juga dapat digunakan sebagai media pembelajaran dan penelitian di bidang otomotif serta sistem kontrol mekatronika, dan memiliki potensi untuk menjadi landasan dalam pengembangan sistem suspensi cerdas yang berbasis kontrol elektronik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan penghargaan ditujukan kepada Dr. Ridwan Adam, S. Pd. , M. Pd. , Ramdhani, M. Eng. , seluruh dosen di bidang otomotif yang telah berbagi pengetahuan, pengalaman, dan masukan yang konstruktif untuk mendukung pengembangan simulator ini. Terima kasih yang sebesar-besarnya juga disampaikan kepada kedua orang tua yang tercinta atas doa, dukungan, dan semangat yang tanpa henti dalam setiap langkah penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baronti, Federico, Francesco Lenzi, Roberto Roncella, Roberto Saletti, dan Onorino Di Tanna. 2008. "Electronic Control of a Motorcycle Suspension for *Preload* Self-Adjustment." *IEEE Transactions On Industrial Electronics* 2832-2837.
- Baronti, Federico, Lenzi, Roberto Roncella, dan Roberto Saletti. 2007. "Embedded Electronic Control System for Continuous Self-tuning of Motorcycle Suspension *Preload*." *IEEE Xplore*.

- Beller, Serkan. 2025. "Artificial Intelligence Supported Semi-active Suspension Design for Motorcycles." *Results in Engineering*.
- Beller, Serkan. 2024. "Artificial intelligence supported semi-active suspension system design for motorcycles." *Results in Engineering*.
- Gadola, Marco, Daniel Chindamo, Federico Vitale, dan Emanuele Bonera. 2019. "The Design of A Motorcycle Featuring Fully Independent Adjustability for Front Suspension and Steering Geometry." *IOP Publishing Ltd* 1-15.
- Jiří, Misa, Tobias Martin, Repka Martin, Straka Martin, dan Gregor Lukas. 2024. "Methodology for Measuring Forces in Motorcycle Suspension Using a System Based on Analogue Potentiometers." *Slovak Journal of Mechanical Engineering*.
- Liu, Cheng-Tsung, Wei Ping Lin, Chi Yin Hung, dan Chang Chou Hwang. 2017. "Feasibility Assessments and Designs of a Hybrid Suspension System for Motorbike Application." *IEEE Transactions On Industry Applications* 3420-3427.
- M.G., Elankovan, dan Sai Ramesh. 2015. "Conceptual Design of Electromagnetic Damper for Motorcycle Suspension System." *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* 472-476.
- Mesra, Romi, Veronike E. T Salem, Maria Goretti Meity Polii, Yoseph Daniel Ari Santie, Ni Made Rai Wisudariani, Sarwandi, Ratih Permana Sari, et al. 2023. *Research & Development Dalam Pendidikan*. PT. Mifandi Mandiri Digital: Sumatera Utara.
- Mouad, Garziad, dan Abdelmjid Saka. 2018. "Modelling and Control of a Semi-active Suspension System of Motorcycle." *IEEE*.
- Parravinci, S. L. 2024. "Development and analysis of a suspension control logic for motorcycling application." *Politecnico di Torino*.
- Petrone, Nicola, Giuseppe Zullo, Alberto Foltran, dan Tommaso Morandin. 2023. "Full Scale Motorcycle Crash and Fall Physical Simulations Using a Modular Launching Catapult." *IRCOBI Conference Proceedings*.
- Pham, Ngoc Dai. 2025. "Research on a Novel Vibration Evaluation of Motorbike's Suspension Using Multi-body Dynamic Model under Different Road Surfaces." *Faculty of Mechanical Engineering* 386-399.
- Rachmawati, Dyah Nurri, dan Muhkamad Wakid. 2025. "ANALISIS KESESUAIAN SOFT SKILLS SMK TEKNIK OTOMOTIF DENGAN KEBUTUHAN INDUSTRI DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA." *Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif* 32-39.
- Sugiyono. 2013. *METODE PENELITIAN KUANTITATIF, KUALITATIF, DAN R&D*. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Terada, Takenori, Kazuhiro Ichikawa, Hideyuki Kato, dan Taro Iwamoto. 2020. "A Study of The Control Logic of Electronically Controlled Suspension for Motorcycle." *SAE International* 6.
- Venkatesh, Sanapati, Bankuru Suneel, Namballa Roopesh, Saragadam Rohith Kumar, dan Ratti Manohar. 2024. *Design and analysis on Suspension Systems in bikes*. Visakhapatnam: Anil Neerukonda Institute Of Technology & Sciences.
- Yusuf, Andi Zulfikar, dan Yasdin. 2023. "ANALISIS DESAIN MEDIA ALAT TEST DAN PEMBERSIH INJEKTOR SEPEDA MOTOR." *Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif* 61-70.