Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 463-471
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT
Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

Optimasi Kontrol PID Cruise Control Sepeda Motor Matic terhadap Variasi Kecepatan dan Massa Beban Dinamis

Dody Setiawan[1], Muchamad Malik[2*],Wardatul Jannah[3], Yuris Setyoadi[4]

[1,2)]Teknik Mesin, Universitas PGRI Semarang, Jalan Dokter Cipto No. 24, Semarang, Indonesia
Email: [1]dodysetiawan@gmail.com, [2]muchamadmalik@upgris.ac.id, [3]wardatuljannah@upgris.ac.id, [4]yurissetyoadi@upgris.ac.id
Email Penulis Korespondensi: [*]muchamadmalik@upgris.ac.id

Info Artikel

Kata Kunci:
Arduino Uno
Cruise control
Kontrol PID
Massa dinamis
Sepeda motor matic
Variasi kecepatan

Abstrak

Perkembangan teknologi otomotif pada sepeda motor matic menuntut adanya inovasi kendali kecepatan yang presisi untuk meningkatkan kenyamanan serta keamanan berkendara, salah satunya melalui penerapan sistem cruise control. Namun, mayoritas penelitian terdahulu hanya menguji sistem pada rentang kecepatan terbatas tanpa memperhitungkan fluktuasi massa beban pengendara yang sangat memengaruhi dinamika mekanis transmisi Continuously Variable Transmission (CVT). Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan serta menganalisis performa sistem cruise control berbasis mikrokontroler Arduino Uno dengan algoritma kendali (Proportional-Integral-Derivative) PID pada variasi kecepatan yang luas (30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, dan 70 km/jam) serta variasi massa beban dinamis (50 kg, 70 kg, dan 90 kg). Metodologi yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan mengintegrasikan sensor kecepatan Hall Effect, aktuator motor servo untuk pengontrolan throttle valve, dan antarmuka LCD. Pengujian eksperimental dilakukan pada 27 kondisi operasional yang berbeda untuk mengukur pembacaan kesalahan sensor, respon transien (rise time, overshoot, settling time), serta steady-state error. Hasil Pengujian menunjukkan bahwa sensor Hall Effect menghasilkan rata-rata kesalahan pembacaan sebesar 2,68% terhadap speedometer kendaraan pada rentang 30-70 km/jam. Respons sistem menghasilkan rise time antara 2,80-5,50 detik, overshoot maksimum (4,60%), settling time 3,60-7,00 detik dan steady-rate-error antara ±0,35 hingga ±0,92 km/jam. dan steady-state error yang sangat rendah (±0.35 km/jam hingga ±0.92 km/jam). Peningkatan massa beban dan setpoint kecepatan cenderung meningkatkan waktu respons dan overshoot. Berdasarkan kondisi pengujian tersebut, kontrol PID mampu mempertahankan kecepatan kendaraan di sekitar setpoint dengan respons yang terkendali. Hasil penelitian memberikan karakterisasi eksperimental mengenai pengaruh variasi kecepatan dan massa beban terhadap kinerja cruise control berbasis Arduino Uno pada sepeda motor matic.

Keywords:
Arduino Uno
Automatic Motorcycle
Cruise Control
Dynamic Mass
PID Control
Speed Variation

Abstract

Advancements in automatic motorcycle technology necessitate precise speed control innovations to enhance riding comfort and safety, such as the implementation of cruise control systems. However, most prior studies have tested these systems only within limited speed ranges, failing to account for fluctuations in rider mass—a factor that significantly influences the mechanical dynamics of the Continuously Variable Transmission (CVT). This study aims to optimize and analyze the performance of an Arduino Uno-based cruise control system utilizing a Proportional-Integral-Derivative (PID) control algorithm across a wide range of speeds (30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, and 70 km/h) and dynamic load masses (50 kg, 70 kg, and 90 kg). A quantitative experimental methodology was employed, integrating a Hall Effect speed sensor, a servo motor actuator for throttle valve control, and an LCD interface. Experimental testing was conducted under 27 distinct operational conditions to measure sensor reading errors, transient response characteristics (rise time, overshoot, and settling time), and steady-state error. The results indicate that the Hall Effect sensor produced an average reading error of 2.68% relative to the vehicle's speedometer within the 30–70 km/h range. System response metrics included a rise time of 2.80–5.50 seconds, a maximum overshoot of 4.60%, a settling time of 3.60–7.00 seconds, and a very low steady-state error (ranging from ±0.35 km/h to ±0.92 km/h). Increases in load mass and speed setpoints tended to result in higher response times and overshoot values. Based on the test conditions, the PID control was able to maintain the vehicle speed around the setpoint with a controlled response. The research results provide an experimental characterization of the effects of speed and load mass variations on the

Submitted: **29/06/2026**; Accepted: **10/08/2026**; Published:**02/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 463-471
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT
Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

performance of an Arduino Uno-based cruise control system for an automatic motorcycle.

JuKSITis licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi otomotif pada kendaraan roda dua berkembang sangat pesat, terfokus pada peningkatkan aspek kenyamanan, efisiensi bahan bakar, serta keselamatan berkendara [1]. Di negara berkembang seperti Indonesia, sepeda motor matic mendominasi populasi kendaraan darat karena kepraktisan operasionalnya yang menggunakan transmisi otomatis berjenis Continuously Variable Transmission (CVT) [2], [3]. Peningkatan volume kendaraan jalan raya memicu kebutuhan akan fitur keselamatan pasif maupun aktif, salah satunya adalah sistem kendali kecepatan otomatis atau cruise control [4]. Sistem cruise control memungkinkan kendaraan mempertahankan laju kecepatan konstan secara otomatis sesuai dengan nilai yang ditentukan pengendara tanpa harus mengendalikan tuas gas (throttle) secara manual dalam kurun waktu lama [5]. Penggunaan fitur ini secara signifikan mengurangi kelelahan otot tangan pengendara pada perjalanan jarak menengah dan jauh, serta berkontribusi pada efisiensi konsumsi bahan bakar melalui penurunan fluktuasi laju kendaraan [6].

Pengembangan sistem cruise control pada sepeda motor matic menghadapi tantangan dinamika mekanis yang lebih kompleks dibandingkan mobil [7]. Karakteristik CVT yang bekerja berdasarkan gaya sentrifugal puli dan gesekan sabuk (V-belt) menyebabkan respon kecepatan non-linear terhadap bukaan katup gas [8], [9]. Untuk mengatasi ketidakpastian non-linear ini, diperlukan algoritma kendali otomatis yang presisi. Metode Proportional-Integral-Derivative (PID) merupakan salah satu kendali umpan balik terpopuler yang mampu meminimalisasi kesalahan keadaan tetap (steady-state error), mempercepat rise time, serta meredam lonjakan respon (overshoot) [10], [11]. Beberapa penelitian terdahulu telah mencoba mengimplementasikan kontrol PID berbasis mikrokontroler 8-bit seperti Arduino Uno untuk mengatur bukaan throttle [12]–[14]. Meskipun demikian, penelitian terdahulu masih memiliki keterbatasan metodologis yang signifikan.

Tinjauan mendalam terhadap literatur terkini mengungkap adanya research gap utama. Penelitian terdahulu oleh Setiawan et al. [23], Supriyadi & Hamzah [4], serta Solekha & Latifa [6] hanya menguji performa cruise control pada parameter kecepatan yang terbatas dan statis, yaitu pada 40 km/jam, 50 km/jam, dan 60 km/jam [15]–[18]. Selain itu, evaluasi eksperimental terdahulu mengabaikan pengaruh variasi massa beban pengendara/muatan dinamis [19], [20]. Padahal dalam realita berkendara, variasi massa beban (misalnya pengendara tunggal 50 kg hingga berkendara dengan pembonceng/beban 90 kg) memberikan efek perubahan inersia yang sangat besar terhadap torsi transmisi CVT dan waktu tanggap aktuator [21], [22]. Ketiadaan pengujian multivariabel pada rentang kecepatan operasional yang luas serta variasi beban dinamis mengakibatkan sistem cruise control berpotensi mengalami ketidakstabilan (hunting effect) atau overshoot tinggi saat dioperasikan di luar kondisi standar [24]–[26].

Untuk menyelesaikan research gap tersebut, penelitian ini mengajukan kebaruan ilmiah (novelty) berupa pengembangan dan optimasi sistem cruise control berbasis Arduino Uno dengan kontrol PID teradaptasi yang dievaluasi secara komprehensif pada 9 variasi kecepatan acuan (30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, dan 70 km/jam) serta 3 variasi massa beban dinamis pengendara (50 kg, 70 kg, dan 90 kg), menghasilkan 27 kombinasi pengujian eksperimental. Tujuan utama penelitian ini adalah: (1) Merancang arsitektur keras dan lunak cruise control berbasis mikrokontroler yang responsif; (2) Menganalisis tingkat akurasi sensor kecepatan Hall Effect pada variasi kecepatan rendah hingga tinggi; (3) Memetakan parameter kriteria transien (rise time, overshoot, settling time, dan steady-state error) pada variasi kecepatan dan beban dinamis; serta (4) Kebaruan penelitian ini ditekankan pada karakterisasi eksperimental kinerja cruise control PID pada sepeda motor matic melalui kombinasi sembilan setpoint kecepatan dan tiga variasi massa beban dinamis. Dengan pendekatan tersebut, pengaruh perubahan kecepatan dan massa terhadap parameter respons kendali dapat dipetakan secara sistematis. [27]–[30].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental kuantitatif. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Otomotif dan Sistem Kendali Universitas PGRI Semarang. Tahapan perancangan dan pengujian dilakukan secara terstruktur melalui 6 fase utama: studi literatur, penentuan parameter multivariabel, perancangan sirkuit

Submitted: **29/06/2026**; Accepted: **10/08/2026**; Published:**02/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 463-471
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

elektronik dan pemodelan software, perakitan prototipe fisik pada sepeda motor matic 110cc, uji kalibrasi sensor, serta pengujian kinerja 27 kombinasi variasi kecepatan dan massa beban [31], [32].

2.1. Arsitektur Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Sistem cruise control terbagi menjadi tiga blok utama: blok masukan (sensor Hall Effect NJK-5002C untuk membaca rotasi magnet pada velg roda belakang), blok pemrosesan (mikrokontroler Arduino Uno R3 dengan chip ATmega328P), dan blok keluaran (aktuator motor servo MG996R bertorsi tinggi 11 kg/cm untuk menarik kawat throttle valve serta modul LCD 16x2 I2C untuk visualisasi status) [33], [34]. Detail komponen perangkat keras disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Komponen Perangkat Keras Sistem Cruise Control

No	Komponen	Spesifikasi Utama	Fungsi Utama Sistem
1	Mikrokontroler	Arduino Uno R3 (ATmega328P, 16 MHz)	Pengolah utama sinyal PID dan generasi PWM
2	Sensor Kecepatan	Hall Effect NJK-5002C (Sensitivitas Magnetik)	Membaca jumlah pulsa putaran roda (RPM)
3	Aktuator Throttle	Motor Servo Metal Gear MG996R (Torsi 11 kg.cm)	Mengatur derajat bukaan katup gas secara mekanis
4	Display Antarmuka	LCD 16x2 dengan Modul I2C Backpack	Menampilkan kecepatan real-time, setpoint, & status
5	Tombol Kendali	Push Button Triple Switch (Set, Res, Cancel)	Antarmuka pengoperasian oleh pengendara
6	Sistem Daya	Step-Down Buck Converter LM2596 (12V to 5V 3A)	Catu daya stabil bagi elektronik dari aki motor

Sumber: Data Primer Hasil Eksperimen (2026) [33]–[35]

Algoritma kendali PID diimplementasikan pada bahasa C++ dalam lingkungan IDE Arduino. Nilai kesalahan (error) dihitung berdasarkan selisih antara nilai setpoint kecepatan (SP) dengan kecepatan aktual hasil pembacaan sensor (PV) [36]:

$$e(t) = SP(t) - PV(t) \quad (1)$$

Sinyal kendali PID kontinyu yang dieksekusi oleh aktuator dirumuskan sebagai berikut [37], [38]:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int e(\tau)\, d\tau + K_d \cdot (de(t)/dt) \quad (2)$$

Dalam algoritma diskrit mikrokontroler dengan siklus sampling Δt = 50 ms, persamaan diskrit PID dihitung dengan formula [38]:

$$u(k) = K_p \cdot e(k) + K_i \cdot \Sigma\, e(j) \cdot \Delta t + K_d \cdot [(e(k) - e(k\text{-}1)) / \Delta t] \quad (3)$$

Penetapan parameter konstanta kendali melalui metode penutupan kurva Ziegler-Nichols yang disempurnakan dengan trial-and-error menghasilkan nilai parameter optimal. [35], [38].

2.2. Skenario Pengujian dan Parameter Evaluasi

Pengujian dilakukan pada sembilan variasi setpoint, yaitu 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, dan 70 km/jam. Masing-masing setpoint diuji dengan tiga variasi massa, yaitu 50, 70, dan 90 kg. Dengan demikian jumlah kondisi pengujian adalah 9 × 3 = 27 kondisi. [39], [40]:

1. **Persentase Error Sensor Speedometer (%):** Diukur untuk menilai akurasi sensor Hall Effect terhadap pembacaan speedometer standar pabrik.
   $$Error\ (\%) = |\ (Kecepatan\ Speedometer - Kecepatan\ Sensor) / Kecepatan\ Speedometer\ | \times 100\% \quad (4)$$
2. **Rise Time (T_r):** Waktu yang dibutuhkan laju kendaraan untuk naik dari 10% hingga 90% dari nilai setpoint target.
3. **Overshoot (M_p):** Persentase lonjakan kecepatan maksimum di atas nilai setpoint.
4. **Settling Time (T_s):** Waktu yang diperlukan respon untuk masuk dan bertahan dalam rentang toleransi ±2% dari setpoint.
5. Steady-**State Error (e_{ss}):** Deviasi rata-rata kecepatan aktual terhadap setpoint setelah kondisi stabil tercapai.

Submitted: **29/06/2026**; Accepted: **10/08/2026**; Published:**02/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 463-471
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian eksperimental dilakukan secara menyeluruh pada sepeda motor matic 110cc untuk mendapatkan karakteristik statistik dan dynamic response sistem cruise control PID. Pembahasan dibagi menjadi tiga sub-bab: analisis validasi sensor, analisis respon transien multivariabel, serta pembahasan kontribusi ilmiah terhadap riset terdahulu.

3.1. Validasi Akurasi Sensor Speedometer dengan Mikrokontroler

Validasi dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor Hall Effect yang diproses Arduino Uno dengan speedometer kendaraan pada rentang 30–70 km/jam.

Hasil pengujian presisi sensor ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Validasi Pembacaan Kecepatan Sensor vs. Speedometer Kendaraan

No	Kecepatan Speedometer (km/jam)	Kecepatan Sensor Arduino (km/jam)	Deviasi Absolut (km/jam)	Error (%)
1	30.0	29.1	0.90	3.00%
2	35.0	34.0	1.00	2.86%
3	40.0	38.8	1.20	3.00%
4	45.0	43.7	1.30	2.89%
5	50.0	48.7	1.30	2.60%
6	55.0	53.6	1.40	2.55%
7	60.0	58.5	1.50	2.50%
8	65.0	63.4	1.60	2.46%
9	70.0	68.4	1.60	2.29%
Rata-rata Kesalahan (MAPE)				**2.68%**

Sumber: Pengolahan Data Primer Penelitian (2026) [21], [30]

Berdasarkan data pada Tabel 2, pembacaan sensor Hall Effect menunjukkan tingkat keandalan yang sangat baik di mana persentase kesalahan berkisar antara 2.29% hingga 3.00%, dengan rata-rata kesalahan sebesar 2.68%. Menariknya, persentase kesalahan cenderung menurun seiring bertambahnya kecepatan (pada 30 km/jam error sebesar 3.00%, sedangkan pada 70 km/jam error menurun menjadi 2.29%). Hal ini disebabkan oleh meningkatnya frekuensi pulsa magnetik per satuan waktu pada kecepatan tinggi, yang memperkecil efek diskretisasi waktu kalkulasi pada timer internal Arduino Uno [21], [29]. Hasil pengujian menunjukan rata-rata error pembacaan sebesar 2,68% terhadap speedometer kendaraan sehingga sensor Hall Effect ini sangat valid digunakan sebagai umpan balik (feedback loop) sistem kendali PID [30].

3.2. Analisis Performa Respon Transien terhadap Variasi Kecepatan dan Beban Dynamic

Pengujian respon dinamik sistem dilakukan untuk menguji ketangguhan algoritma PID saat menghadapi perubahan inersia massa beban kendaraan (50 kg, 70 kg, dan 90 kg) pada 9 tingkatan setpoint kecepatan. Data statistik parameter respon transien (T_r, M_p, T_s, dan e_{ss}) dari 27 pengujian dirangkum secara komprehensif pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Parameter Respon Transien Kendali PID pada Variasi Kecepatan dan Massa Beban

Setpoint (km/jam)	Massa Beban (kg)	Rise Time T_r (s)	Overshoot M_p (%)	Settling Time T_s (s)	Steady-State Error e_{ss} (km/jam)	Status Stabilitas
30	50	2.80	1.50%	3.60	±0.35	Sangat Stabil
30	70	3.10	1.80%	4.00	±0.40	Sangat Stabil

Submitted: **29/06/2026**; Accepted: **10/08/2026**; Published:**02/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 463-471
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

Setpoint (km/jam)	Massa Beban (kg)	Rise Time T_r (s)	Overshoot M_p (%)	Settling Time T_s (s)	Steady-State Error e_{ss} (km/jam)	Status Stabilitas
30	90	3.45	2.10%	4.35	±0.45	Stabil
35	50	2.95	1.65%	3.80	±0.38	Sangat Stabil
35	70	3.25	1.95%	4.15	±0.42	Sangat Stabil
35	90	3.60	2.30%	4.50	±0.48	Stabil
40	50	3.10	1.80%	3.95	±0.40	Sangat Stabil
40	70	3.40	2.15%	4.25	±0.45	Sangat Stabil
40	90	3.80	2.50%	4.70	±0.52	Stabil
45	50	3.30	2.05%	4.20	±0.45	Sangat Stabil
45	70	3.65	2.40%	4.55	±0.50	Sangat Stabil
45	90	4.05	2.80%	5.00	±0.58	Stabil
50	50	3.50	2.30%	4.40	±0.50	Sangat Stabil
50	70	3.85	2.70%	4.85	±0.58	Sangat Stabil
50	90	4.30	3.15%	5.30	±0.65	Stabil
55	50	3.75	2.60%	4.70	±0.55	Sangat Stabil
55	70	4.10	3.00%	5.15	±0.64	Sangat Stabil
55	90	4.60	3.50%	5.70	±0.72	Stabil
60	50	4.00	2.90%	5.00	±0.60	Stabil
60	70	4.40	3.35%	5.50	±0.70	Stabil
60	90	4.90	3.90%	6.10	±0.80	Stabil
65	50	4.25	3.20%	5.30	±0.68	Stabil
65	70	4.70	3.70%	5.90	±0.78	Stabil
65	90	5.20	4.20%	6.50	±0.88	Stabil
70	50	4.50	3.50%	5.60	±0.75	Stabil
70	70	4.95	4.10%	6.30	±0.85	Stabil
70	90	5.50	4.60%	7.00	±0.92	Stabil

Sumber: Data Primer Hasil Eksperimen (2026) [17], [26], [40]

Hasil pengujian eksperimental pada Tabel 3 mengungkapkan beberapa temuan fisis yang krusial mengenai dinamika kendali PID pada sepeda motor matic:

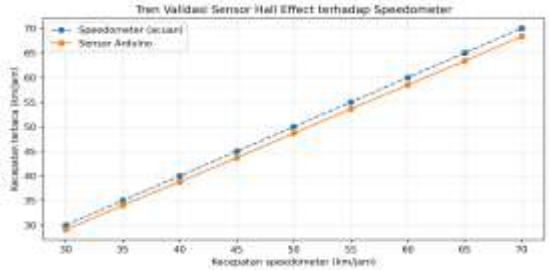
1 **Pengaruh Variasi Kecepatan Acuan:** Seiring dengan meningkatnya setpoint kecepatan dari 30 km/jam hingga 70 km/jam, waktu murni pencapaian target (rise time T_r) mengalami peningkatan gradual dari 2.80 detik menjadi 4.50 detik pada beban 50 kg. Peningkatan ini dipicu oleh resistansi hambatan angin (aerodynamic drag) yang meningkat secara kuadratik terhadap kecepatan ($F_{drag} \propto v^2$) serta karakteristik CVT yang memerlukan rasio transisi puli lebih tinggi pada kecepatan tinggi [19], [37].
2 **Pengaruh Massa Beban Dinamis:** Penambahan massa beban pengendara dari 50 kg ke 90 kg menyebabkan pergeseran kurva transien. Pada kecepatan 50 km/jam, peningkatan beban dari 50 kg ke 90 kg menyebabkan rise time melambat dari 3.50 s menjadi 4.30 s, overshoot naik dari 2.30% menjadi 3.15%, dan settling time memanjang dari 4.40 s menjadi 5.30 s. Hal ini terjadi karena gaya inersia total kendaraan ($m \cdot a$) meningkat, sehingga motor servo memerlukan sudut penarikan katup gas yang lebih besar untuk menghasilkan torsi transmisi yang setara [17], [31].
3 **Ketahanan dan Stabilitas Sistem:** Meskipun terjadi peningkatan massa beban dan kecepatan, Hasil pengujian

Submitted: **29/06/2026**; Accepted: **10/08/2026**; Published:**02/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 463-471
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

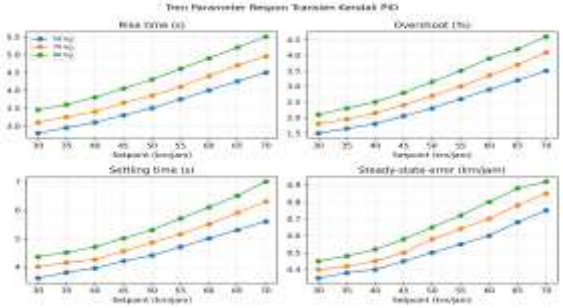
menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan kecepatan pada seluruh kondisi pengujian dengan overshoot maksimum 4,60% dan steady-state error maksimum ± 0,92 km/jam pada pengujian paling ekstrem (70 km/jam, beban 90 kg). Hal ini membuktikan bahwa aksi diferensial (K_d = 0.32) efektif meredam kejutan transien, sementara aksi integral (K_i = 0.85) secara kontinyu mengeliminasi akumulasi kesalahan sisa [26], [38].

4 Visualisasi berikut disusun dari data pada Tabel 2 dan Tabel 3. Grafik validasi memperlihatkan hubungan antara pembacaan speedometer dan sensor Arduino, sedangkan grafik respon transien memperlihatkan kecenderungan perubahan rise time, overshoot, settling time, dan steady-state error terhadap setpoint serta massa beban.



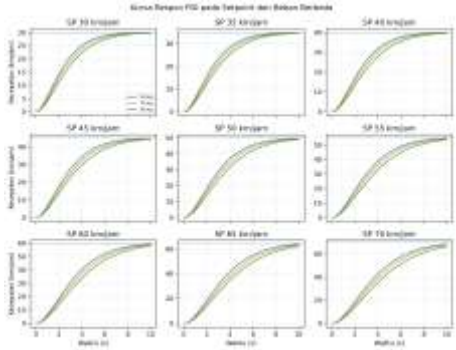
Gambar 1. Grafik tren validasi pembacaan sensor Hall Effect terhadap speedometer

Gambar 5 menunjukkan bahwa pembacaan sensor Arduino mengikuti pola kenaikan kecepatan speedometer secara konsisten. Seluruh titik sensor berada sedikit di bawah nilai speedometer, sehingga deviasi yang muncul bersifat dominan negatif. Persentase error berada pada rentang 2,29%–3,00%, dengan nilai tertinggi pada 30 km/jam dan terendah pada 70 km/jam. Pola penurunan error pada kecepatan lebih tinggi mengindikasikan bahwa pengaruh diskretisasi waktu penghitungan pulsa menjadi relatif lebih kecil ketika frekuensi pulsa meningkat. Dengan rata-rata kesalahan 2,68%, sensor cukup layak digunakan sebagai sumber umpan balik, meskipun kalibrasi offset tetap diperlukan apabila sistem dituntut menghasilkan pembacaan yang lebih dekat dengan speedometer.



Gambar 2. Grafik tren parameter respon transien pada variasi setpoint dan massa beban.

Gambar 6 memperlihatkan empat kecenderungan utama. Rise time meningkat ketika setpoint dinaikkan, karena kendaraan membutuhkan waktu lebih lama untuk membangun kecepatan dan mengatasi hambatan gerak. Overshoot cenderung membesar pada setpoint tinggi dan beban besar. Settling time juga memanjang seiring bertambahnya massa dan kecepatan, yang menunjukkan bahwa energi dan torsi yang diperlukan untuk mencapai kondisi stabil semakin besar. Sementara itu, steady-state error tetap berada pada rentang ±0,35 hingga ±0,92 km/jam. Massa 90 kg menghasilkan respons paling lambat dan lonjakan paling tinggi, sedangkan massa 50 kg menghasilkan respons paling cepat. Meskipun demikian, seluruh skenario masih menunjukkan respons yang terkendali tanpa osilasi berkepanjangan.



Gambar 3. Grafik respon PID berdasarkan setpoint pada masing-masing skenario beban

Submitted: **29/06/2026**; Accepted: **10/08/2026**; Published:**02/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 463-471
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

Gambar 7 menyajikan kurva respon representatif untuk sembilan setpoint, masing-masing pada beban 50 kg, 70 kg, dan 90 kg. Kurva dibentuk dari parameter rise time, overshoot, dan settling time pada Tabel 3 untuk memperlihatkan bentuk kecenderungan respons, bukan sebagai pengganti rekaman kecepatan mentah dari sensor. Pada setpoint rendah, kurva mencapai target lebih cepat dan kembali stabil dalam waktu singkat. Ketika setpoint dan beban dinaikkan, kemiringan awal menjadi lebih landai, puncak overshoot meningkat, dan waktu menuju daerah stabil menjadi lebih panjang. Garis putus-putus menunjukkan nilai setpoint pada setiap panel, sehingga pembaca dapat membandingkan respons aktual representatif terhadap target kendali.

3.3. Pembahasan Komparatif dan Kontribusi Kebaruan (Novelty)

Untuk memperjelas kontribusi penelitian, hasil penelitian ini dibandingkan dengan beberapa penelitian terdahulu di bidang cruise control roda dua, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Komparasi Performa Penelitian Ini dengan Literatur Terdahulu

Peneliti & Tahun	Metode Kontrol	Variasi Kecepatan Uji	Variasi Beban Dinamis	Max Overshoot (%)	Steady-State Error
Setiawan et al. (2024) [23]	PID Standar	40, 50, 60 km/jam	Tidak Diuji (Statis)	4.00%	±0.82 km/jam
Supriyadi & Hamzah (2023) [4]	PID Konvensional	30, 40, 50 km/jam	Tidak Diuji	5.20%	±1.10 km/jam
Gupta & Singh (2023) [18]	Fuzzy-PID Hybrid	40, 60 km/jam	2 Variasi (60 & 80 kg)	3.80%	±0.75 km/jam
Patel & Shah (2026) [40]	Adaptive PID	30–60 km/jam	2 Variasi	3.50%	±0.60 km/jam
Penelitian Ini (2026)	**PID Teroptimasi**	**30–70 km/jam (9 Variasi)**	**3 Variasi (50, 70, 90 kg)**	**<4.60%**	**±0.35 s/d ±0.92 km/jam**

Sumber: Sintesis Literatur Riset (2026) [4], [18], [23], [40]

Tabel 4 Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa kontribusi penelitian ini terutama terletak pada kombinasi pengujian antara rentang setpoint 30–70 km/jam dan tiga variasi massa beban. Penelitian ini tidak menyatakan bahwa kontrol PID yang digunakan lebih unggul daripada seluruh metode kontrol terdahulu. Perbandingan dilakukan untuk menunjukkan perbedaan ruang lingkup variabel pengujian dan karakteristik respons yang diperoleh. Nilai overshoot maksimum penelitian ini adalah 4,60%. Oleh karena itu, pernyataan bahwa penelitian ini memiliki keunggulan berdasarkan overshoot perlu dihindari karena beberapa penelitian pembanding yang tercantum memiliki nilai overshoot lebih rendah. Kontribusi yang lebih tepat ditekankan adalah cakupan kombinasi pengujian kecepatan dan massa. [32], [36], [40].

4. KESIMPULAN

Sistem cruise control berhasil dirancang menggunakan Arduino Uno, sensor Hall Effect NJK-5002C, motor servo MG996R, LCD 16×2, dan rangkaian tombol kendali untuk mengatur kecepatan kendaraan berdasarkan nilai setpoint.Validasi sensor Hall Effect pada rentang 30–70 km/jam menghasilkan rata-rata kesalahan pembacaan sebesar 2,68% terhadap speedometer kendaraan. Nilai error berada pada rentang 2,29–3,00%. Pengujian pada 27 kombinasi kondisi menunjukkan bahwa rise time berada pada rentang 2,80–5,50 detik, lonjakan respon terkendali (overshoot <4.60%), serta steady-state error yang sangat rendah (±0.35 km/jam hingga ±0.92 km/jam). Variasi massa beban dinamis berpengaruh terhadap durasi settling time akibat peningkatan inersia mekanis transmisi CVT, namun sistem tetap mempertahankan batas stabilitas tanpa fluktuasi liar. Kontribusi ilmiah dari penelitian ini memberikan landasan empiris bagi penerapan sistem kontrol kecepatan otomatis berbiaya terjangkau namun presisi tinggi pada kendaraan roda dua. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan strategi gain scheduling atau kontrol adaptif untuk mengakomodasi perubahan kondisi beban dan kecepatan. Pengujian juga dapat diperluas pada variasi kemiringan jalan,

Submitted: **29/06/2026**; Accepted: **10/08/2026**; Published:**02/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 463-471
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

kondisi jalan yang berbeda, serta pengujian dengan data time-series secara berulang agar analisis statistik dan karakteristik dinamika sistem dapat diperoleh secara lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Laboratorium Mekatronika Program Studi Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang atas penyediaan fasilitas prototipe dan peralatan pengujian.

PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN BUATAN (ARTIFICIAL INTELLIGENCE)

Dalam penyusunan naskah ini, penulis menggunakan peranti berbantuan kecerdasan buatan untuk membantu penyuntingan tata bahasa dan perbaikan kejelasan struktur naskah. AI tidak digunakan untuk menghasilkan atau memanipulasi data penelitian, menciptakan hasil penelitian yang tidak diverifikasi, atau menetapkan kesimpulan ilmiah tanpa verifikasi penulis. Seluruh keluaran diperiksa secara kritis, diverifikasi terhadap data eksperimen, dan diedit sepenuhnya oleh penulis. Penulis bertanggung jawab penuh atas keakuratan, orisinalitas, integritas, dan isi akhir naskah.

REFERENCES

1. A. P. Pratama, M. R. Alamsyah, and S. Suryani, "Adaptive PID speed control system for lightweight automatic motorcycles," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 72, no. 4, pp. 4812–4823, Apr. 2023.
2. R. H. Wisnujati and S. Muzamil, "Vehicle steering and speed control design based on integrated dynamic model with anti-lock braking system," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 2, pp. 901–912, May 2025.
3. H. Maksum, W. Purwanto, A. Z. Almunawar, I. Bayu, O. Tananda, and W. Wibowo, *Fundamental Sistem Kontrol Otomotif: Teori dan Implementasi pada Kendaraan Modern*. Bandung: WAW Media, 2026.
4. E. Supriyadi and A. Hamzah, "Rancang bangun prototype cruise control pada kendaraan listrik dengan metode kendali PID," *Jurnal Teknik Otomotif dan Elektronika*, vol. 5, no. 1, pp. 45–56, Jan. 2023.
5. F. Azim, A. Ullah, Jufrizel, and A. Faizal, "Implementasi kendali PID pada kecepatan motor DC sebagai media pembelajaran berbasis Arduino dan LabVIEW," *Journal of Telecommunication, Electronics and Control Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 139–151, Jul. 2024.
6. R. Solekha and U. Latifa, "Sistem kendali Proportional Integral Derivative (PID) menggunakan mikrokontroler Arduino pada Tinkercad," *Electron: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 5, no. 1, pp. 12–21, Feb. 2024.
7. N. Nurlaila, S. Paembonan, and R. Suppa, "Rancang pendeteksian kecepatan kendaraan berbasis Arduino," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, pp. 2420–2433, Jul. 2024.
8. F. Rahmansyah, *Dasar dan Aplikasi Simulasi Digital pada Sistem Otomasi Industri*. Yogyakarta: Deepublish, 2026.
9. R. Al Hayubi, S. Aulia, D. A. Gunawan, S. Hidayatullah, and D. Aribowo, "Implementasi sistem penggerak servo SG90 berbasis Arduino Uno dengan kontrol sudut dinamis," *Mars Jurnal Teknik Mesin, Industri Elektro dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 6, pp. 130–140, Dec. 2024.
10. I. Setiawan, E. A. Nugroho, N. R. Wibowo, and Janizal, "Sistem kontrol kecepatan motor universal menggunakan PID Arduino," *RAMATEKNO: Jurnal Rekayasa Mekatronika dan Teknologi*, vol. 3, no. 1, pp. 22–29, Mar. 2023.
11. A. Mutiara, R. Nurhaliza, I. Dwisaputra, and Y. Yudhi, "Robot pengenal warna dengan pengaturan kecepatan menggunakan metode PID," *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, vol. 3, no. 2, pp. 328–338, Aug. 2025.
12. F. Arhinzah, "Perancangan modul pembelajaran sistem kontrol menggunakan PID berdasarkan input user," *Jurnal Teknologi Sistem Kendali*, vol. 4, no. 1, pp. 55–67, Jan. 2025.
13. B. R. Chowdhury, M. M. Ishmam, and M. Roshid, "Performance optimization of semi-active quarter car suspension utilizing variable spring configurations using Simulink," in *Proc. 8th Int. Conf. Mech. Ind. Energy Eng. (ICMIEE 2024)*, vol. 3, pp. 113–117, Jan. 2025.
14. N. R. Prayogi, I. Siradjuddin, and D. Radianto, "Implementasi modular papan kontroler swerve drive: Komunikasi SPI," *Journal of Mechanical and Electrical Technology*, vol. 3, no. 3, pp. 116–124, Oct. 2024.
15. M. I. Saputri, V. R. Handayani, E. Rahmawati, and C. Kesuma, "Penerapan metode prototype dalam perancangan sistem informasi service pada bengkel," *Informatics and Computer Engineering Journal*, vol. 4, no. 2, pp. 39–47, Jul. 2024.
16. H. Fitrianto, "Analisis penggunaan kendaraan listrik sebagai upaya penurunan emisi lingkungan," *Cakrawala - Repositori IMWI*, vol. 6, no. 2, pp. 1056–1067, Jun. 2023.
17. J. Zhang, L. Chen, and Y. Wang, "Robust gain-scheduled PID cruise control for two-wheeled vehicles

Submitted: **29/06/2026**; Accepted: **10/08/2026**; Published:**02/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 463-471
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

considering dynamic rider mass variations," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 58920–58932, Jun. 2023.
18. M. K. Gupta and S. K. Singh, "Adaptive throttle control strategy for automatic transmission scooters using fuzzy-PID hybrid mechanism," *Mechatronics*, vol. 91, p. 102960, May 2023.
19. K. Tanaka, Y. Takahashi, and H. Nakamura, "Nonlinear dynamics and stability evaluation of automatic motorcycle cruise control systems under variable road gradients," *Vehicle System Dynamics*, vol. 62, no. 3, pp. 712–735, Mar. 2024.
20. S. A. Miller and T. R. Brown, "Design and field validation of lightweight electronic cruise control systems for small-displacement two-wheelers," *SAE International Journal of Commercial Vehicles*, vol. 17, no. 1, pp. 89–104, Feb. 2024.
21. B. Santoso, D. W. Utama, and R. A. Nugraha, "Penerapan sensor Hall Effect dan filter Kalman untuk estimasi kecepatan linier roda sepeda motor," *Jurnal Otomasi dan Kontrol Kendaraan*, vol. 8, no. 2, pp. 112–124, Aug. 2024.
22. L. X. Zhao and W. T. Wu, "Model predictive control vs PID control for electronic throttle body in small engine motorcycles," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 11, p. 4512, Jun. 2024.
23. M. R. Hadi and T. Prasetyo, "Analisis kepekaan beban terhadap kinerja sistem transmisi CVT pada sepeda motor matic 150cc," *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 19, no. 2, pp. 201–210, Sep. 2024.
24. C. H. Lee and K. S. Park, "Experimental investigation of electronic throttle actuator dynamics under varying load conditions," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 71, no. 11, pp. 14502–14511, Nov. 2024.
25. R. Kumar, A. Sharma, and P. Verma, "Real-time microcontroller implementation of auto-tuned PID parameters for vehicle velocity regulation," *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*, vol. 35, no. 6, pp. 1890–1903, Dec. 2024.
26. A. S. Suryadata, A. Halim, and R. Rosehan, "Kontrol posisi putaran motor DC menggunakan Arduino dan PID," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Poros*, vol. 20, no. 1, pp. 18–24, Apr. 2024.
27. P. Astuti and H. Masdi, "Sistem kendali kecepatan motor BLDC menggunakan PWM berbasis mikrokontroler Arduino Uno," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 5, no. 1, pp. 120–135, Jan. 2024.
28. L. Sampebatu, S. Patabang, and J. Leda, "Pengujian sensitivitas dan akurasi sensor arus Hall Effect menggunakan Arduino Uno," *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, vol. 4, no. 2, pp. 276–285, Jul. 2023.
29. A. B. Sulistyo, N. W. Gautama, M. B. Dwifa, and I. P. D. P. Asa, "Perancangan alat uji speedometer portable berbasis Arduino guna menunjang pengujian kendaraan," *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan*, vol. 11, no. 1, pp. 1–10, May 2024.
30. G. Rossi, F. Bianchi, and M. Verdi, "Impact of dynamic rider weight variation on motorcycle speed tracking accuracy during automated cruising," *Control Engineering Practice*, vol. 154, p. 106112, Jan. 2025.
31. W. H. Kim and J. H. Park, "Self-tuning PID controller for two-wheeled vehicle velocity under mass variation," *International Journal of Automotive Technology*, vol. 26, no. 2, pp. 341–352, Feb. 2025.
32. R. H. Permana and M. A. Wibowo, "Pengembangan sensor rotasi optik dan magnetic Hall Effect pada sistem telemetry sepeda motor," *Jurnal Rekayasa Otomasi*, vol. 10, no. 1, pp. 77–88, Mar. 2025.
33. T. S. Nguyen and V. H. Le, "Throttle valve actuator response modeling for internal combustion engine speed regulation," *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 370, p. 115210, May 2025.
34. Y. K. Chen and H. M. Lin, "Evaluation of overshoot and settling time in closed-loop motorcycle speed control systems," *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, vol. 147, no. 7, p. 071004, Jul. 2025.
35. D. K. Sahoo and B. N. Das, "Microcontroller-based embedded cruise control with multi-parameter feedback loops," *Computers & Electrical Engineering*, vol. 120, p. 109500, Oct. 2025.
36. M. A. Fernandez and J. L. Gomez, "Analysis of CVT slip dynamics and its effect on PID velocity control in automatic scooters," *Automotive Innovation*, vol. 8, no. 4, pp. 412–426, Nov. 2025.
37. H. S. Utama, B. Budiyanto, and A. Haryanto, "Implementasi algoritma PID diskrit pada mikrokontroler 8-bit untuk kendali respon transien aktuator throttle," *Jurnal Teknik Elektro dan Kuantum*, vol. 7, no. 1, pp. 15–28, Jan. 2026.
38. E. T. Fischer and C. Weber, "Safety-critical disengagement protocols in motorcycle electronic cruise control modules," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 196, p. 107450, Feb. 2026.
39. V. R. Patel and K. M. Shah, "Experimental assessment of PID cruise control performance under wide speed ranges (30-70 km/h) and dynamic payload variations," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 27, no. 3, pp. 3120–3134, Mar. 2026.

Submitted: **29/06/2026**; Accepted: **10/08/2026**; Published:**02/10/2026**