



# Analisis Korelasi Kecepatan dan Percepatan Saat Gerak Lurus Menggunakan Pesawat Atwood Berbasis Arduino dengan Sensor Logam

M R Ridho<sup>1,a</sup>, B Ajidewantara<sup>1</sup> dan Nurdiyanti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Sebelas Maret Surakarta

<sup>a</sup>sitebuireng1998@student.uns.ac.id

**Abstrak.** Pesawat Atwood adalah rangkaian dua benda yang massanya sama digantung secara vertikal pada sebuah katrol tanpa gesekan yang massanya dapat diabaikan. Pada percobaan pesawat Atwood menerapkan prinsip-prinsip dari hukum Newton tentang gerak. Ketika benda pertama bergerak naik dan benda kedua yang diberi bebas tambahan bergerak turun sampai beban tambahan tersangkut pembatas 1, maka berlaku Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) sedangkan ketika beban kedua meluncur ke bawah sampai pembatas 2 berlaku Gerak Lurus Beraturan (GLB). Penelitian ini mengkaji mengenai korelasi antara kecepatan saat GLBB dan GLB dengan Mikrokontroler Atmega 328P untuk mengukur waktu secara otomatis. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimen. Berdasarkan hasil analisis data penelitian menunjukkan bahwa ada korelasi antara kecepatan saat GLBB dan GLB yaitu sebesar 0,943 dengan nilai signifikansi sebesar 0.016. Korelasi antara percepatan dari persamaan Hukum II Newton dengan percepatan GLBB yaitu sebesar 0,998 dengan nilai signifikansi 0.000. Nilai signifikansi dibawah 0.05 yang menunjukkan ada korelasi yang signifikansi.

## 1. Pendahuluan

Perkembangan zaman yang terjadi memberikan pengaruh pula terhadap perkembangan teknologi. Kini banyak teknologi yang dikembangkan dengan sistem kendali otomatis dan mikrokontroler sehingga mampu menciptakan alat yang praktis dan efisien. Para peneliti di bidang keilmuannya terus melakukan penelitian mengenai fenomena-fenomena alam yang sekiranya dapat diterapkan menggunakan sistem otomatis sehingga dapat mempermudah kehidupan manusia. Dalam teknologi kaitannya dengan kepraktisan informasi telah banyak menerapkan kemajuan teknologi yang ada yaitu alat-alat yang berhubungan dengan alat ukur analog di laboratorium menjadi alat ukur digital yang lebih praktis dan efisien. Namun, dalam penggunaannya peralatan laboratorium sekolah masih banyak yang bersifat manual, sehingga menimbulkan kerugian waktu dan biaya [1].

Fenomena fisika sangatlah banyak ditemui dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya fenomena gerak jatuh bebas. Fenomena gerak jatuh bebas merupakan fenomena jatuhnya benda dari keadaan diam pada ketinggian tertentu [2]. Galileo menyatakan bahwa fenomena benda yang jatuh bebas akan memiliki percepatan yang sama jika tidak terdapat hambatan [3]. Percepatan ini disebut percepatan gravitasi ( $g$ ). Bentuk bumi tidaklah bola sempurna mengakibatkan besarnya nilai percepatan tidak sama di setiap permukaan bumi [4]. Nilai percepatan gravitasi pada daerah ekuator  $g = 9,78 \text{ m/s}^2$  sedangkan pada daerah kutub  $g = 9,83 \text{ m/s}^2$  [5]. Percepatan ini selalu mengarah ke pusat bumi. Salah satu alat yang

dapat digunakan untuk mengukur kecepatan dan percepatan gerak benda saat jatuh bebas adalah pesawat Atwood.

Pesawat Atwood adalah alat yang tersusun atas katrol dan tali yang terikat dengan dua buah benda bermassa  $m_1$  dan  $m_2$ . Tali sebagai penghubung dari katrol cukup ringan dan massanya dapat diabaikan. Jika massa beban  $m_1$  dan  $m_2$  sama ( $m_1$  dan  $m_2$ ) maka keduanya akan diam [1]. Alat pesawat Atwood diciptakan oleh George Atwood dan mulai dikembangkan pada abad ke-18 untuk mengukur percepatan gravitasi yang bekerja berdasarkan prinsip Hukum Newton [6]. Penggunaan alat ini biasanya masih berupa pengukuran waktu tempuh beban secara manual dengan menggunakan stopwatch. Seringkali percobaan gerak jatuh bebas yang dilakukan dengan alat yang tradisional menghasilkan data yang kurang akurat. Dengan demikian pada pengoperasian pesawat Atwood sederhana memiliki perbedaan persentase yang tinggi terhadap teori yang ada. Faktor kesalahan berupa ketidakakuratan alat tersebut akan menyebabkan kesalahan konsep di siswa yang menggunakan pesawat Atwood terutama dalam konsep pada materi Hukum Newton tentang gerak, menganalisis hubungan antara kecepatan pada GLB dan kecepatan pada GLBB, dan menganalisis percepatan pada GLBB dengan Hukum II Newton.

Penggunaan media alat peraga atau alat laboratorium sebenarnya mempermudah pemahaman karena siswa mengindra lebih banyak dari tampilan alat [7], sehingga kesalahan atau ketidakakuratan dalam alat laboratorium atau alat peraga akan berakibat buruk pada proses pembelajaran siswa karena siswa mengindra pada alat yang memiliki konsep yang salah. Griffith telah berhasil membuat alat bernama Free Fall Timer yang dapat menghitung waktu jatuhnya benda dari ketinggian dengan mudah [8]. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat dirancang suatu sistem otomatisasi yang dapat digunakan dalam pengoperasian alat pesawat Atwood sehingga data yang diperoleh lebih akurat.

Prinsip digitalisasi alat dapat diterapkan ke rancang bangun pesawat Atwood untuk meminimalkan kesalahan saat penghitungan. Beberapa tujuan dari pemutakhiran pesawat Atwood antara lain:

1. Meminimalkan kesalahan yang terjadi saat penggunaan pesawat Atwood dengan metode timer otomatis.
2. Meningkatkan efisiensi pada peralatan laboratorium ketika digunakan sebagai alat percobaan.

Untuk mencapai tujuan tersebut, sudah seharusnya teknologi mikrokontroler diaplikasikan sejak dini menggunakan alat-alat yang akan menuntun siswa menemukan ide, inovasi, dan kemampuan memecahkan masalah sebagai modal masa depan mereka [9]. maka perancangan pesawat Atwood dapat dimodifikasi menggunakan konsep digitalisasi dan otomatisasi.

Kegiatan penelitian ini bertujuan untuk menciptakan alat ukur pesawat Atwood yang efisien dan minim akan kesalahan saat digunakan dalam percobaan.

Penelitian yang relevan dilakukan oleh Adlian Jefiza. Penelitian yang dilakukan menggunakan sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) sebagai pendeteksi beban pada pesawat Atwood. Dari hasil pengukuran yang dilakukan diperoleh kesalahan 3,97% pada pengujian percepatan berdasarkan jarak 25, 35, 40 dan berat beban 10, 15 dan 20 gram.

Berdasarkan permasalahan dan penelitian sebelumnya, maka penulis mencoba menganalisis kesalahan dari Pesawat Atwood dengan timer otomatis yang menggunakan sensor logam (*Logam Detector*) disertai panel LCD dan tombol reset.

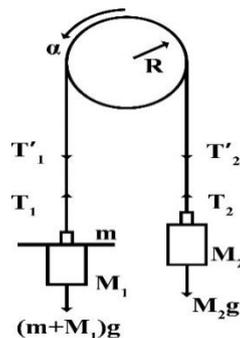
## 2. Metode

Penelitian dilaksanakan dengan metode eksperimen di Laboratorium Fisika Program Studi Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta. Simulasi gerak lurus dengan pesawat Atwood ini diawali dengan studi pustaka dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, dan lainnya.

Sistem utama yang digunakan dalam eksperimen ini meliputi pesawat Atwood dengan benda  $M_1$ ,  $M_2$ , dan beban tambahan  $m$ .  $M_1$  merupakan benda yang diberi beban tambahan sementara  $M_2$  tidak diberi beban tambahan. Langkah-langkah penelitian untuk menentukan besar percepatan suatu benda dengan menggunakan pesawat Atwood yaitu dari menyiapkan seluruh alat dan bahan yang dibutuhkan, merangkai alat sesuai skema, melakukan eksperimen, mencatat data hasil penelitian, dan menganalisisnya. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis kuantitatif, dengan menghitung

waktu yang dibutuhkan, kecepatan pada GLB dan GLBB, dan percepatan pada GLBB, serta masing-masing ralatnya.

Cara kerja pemrograman yaitu dimulai ketika sensor 1 dikenai logam maka akan mengirimkan sinyal untuk memulai *timer* dan jika sensor 2 mendeteksi logam maka akan mengirimkan sinyal untuk mencatat waktu dan jika sensor 3 dikenai beban maka akan mengirim sinyal untuk menghentikan *timer* sekaligus mencatat waktu. Semua rangkaian terhubung dengan Arduino Atmega 328P dan hasil dari pencatatan waktu akan ditampilkan pada layer LCD. Jika mau proses mengambil data ulang dapat menggunakan tombol reset.



Gambar 1. Desain alat.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pesawat Atwood adalah alat yang digunakan untuk mengamati hukum mekanika gerak yang berubah beraturan. Pada percobaan pesawat Atwood menerapkan prinsip-prinsip dari Hukum Newton tentang gerak, Gerak Lurus Beraturan (GLB), Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB), dan momen inersia [11]. Melalui pengukuran dengan menggunakan pesawat Atwood berbasis Arduino dengan timer otomatis dapat diketahui kecepatan dan percepatan benda. Dari pengukuran diperoleh data sebagai berikut:

**Tabel 1.** Rangkuman hasil perhitungan percobaan pesawat Atwood.

Massa Benda (kg)	Waktu $S_{ab}$ (s)	Waktu $S_{bc}$ (s)	Percepatan GLBB ( $m/s^2$ )	Percepatan Pada Hukum II Newton ( $m/s^2$ )	Kecepatan saat GLBB (m/s)	Kecepatan saat GLB (m/s)
0.019	$1.140 \pm 0.007303$	$0.250 \pm 0.00298$	$0.766 \pm 0.00968$	0.75	$0.8776 \pm 0.005554$	$0.761 \pm 0.00883$
0.025	$0.732 \pm 0.00800$	$0.148 \pm 0.00249$	$1.87 \pm 0.0402$	1.40	$1.37 \pm 0.0148$	$1.29 \pm 0.0214$
0.031	$0.6200 \pm 0.005963$	$0.120 \pm 0.00574$	$2.61 \pm 0.0488$	1.95	$1.614 \pm 0.01523$	$1.58 \pm 0.0633$
0.037	$0.5250 \pm 0.004534$	$0.102 \pm 0.00244$	$3.65 \pm 0.0630$	2.44	$1.906 \pm 0.01649$	$1.68 \pm 0.167$
0.043	$0.4790 \pm 0.002333$	$0.120 \pm 0.0683$	$4.361 \pm 0.04238$	2.87	$2.088 \pm 0.01015$	$1.63 \pm 0.0838$

#### 3.1. Hubungan antara GLBB dengan percepatan Hukum II Newton

Hasil dari perhitungan data percobaan Pesawat Atwood yang sudah dilakukan kemudian dianalisis menggunakan korelasi untuk mengetahui hubungan antara percepatan GLBB dengan percepatan Hukum II Newton, diperoleh data sebagai berikut:

**Tabel 2.** Hasil uji korelasi antara percepatan GLBB dengan percepatan menggunakan Hk II Newton.

		GLBB	Hk II Newton
GLBB	Pearson Correlation	1	.997 <sup>a</sup>
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	5	5
HkIINewton	Pearson Correlation	.997 <sup>a</sup>	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	5	5

<sup>a</sup>Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Dari data percepatan pada Tabel 2 dihitung korelasi antara percepatan GLBB dengan percepatan menggunakan Hukum II Newton menggunakan uji korelasi dan diperoleh bahwa nilai korelasinya sebesar 0,997. Nilai korelasi ini mendekati 1 yang berarti memiliki nilai korelasi yang tinggi. Dengan demikian, dapat diartikan bahwa percepatan GLBB memiliki hubungan sangat kuat dengan percepatan ketika dihitung menggunakan Hukum II Newton. Dalam hal ini, percepatan GLBB dengan percepatan menggunakan Hukum II Newton mempunyai hubungan searah. Jadi, ketika percepatan GLBB besar maka percepatan dengan menggunakan Hukum II Newton juga besar begitu sebaliknya.

Nilai korelasi yang diperoleh tersebut dilanjutkan dengan uji determinasi ( $r^2$ ), nilai yang diperoleh adalah 0,996 atau sama dengan 99,6 %. Nilai ini menunjukkan bahwa 99,6 % proporsi keragaman nilai percepatan GLBB dapat dijelaskan oleh nilai percepatan menggunakan Hukum II Newton melalui hubungan linier. Sisanya, yaitu 0,4 % dijelaskan oleh hal-hal lain.

Berdasarkan perhitungan uji korelasi antara percepatan GLBB dengan percepatan menggunakan Hukum II Newton diperoleh nilai signifikansi adalah 0.000. Nilai signifikansi  $0.000 < 0.05$  yang berarti terdapat korelasi yang signifikansi. Hal ini diperkuat dengan adanya tanda bintang Pada hasil uji korelasi yang menunjukkan bahwa nilai Pearson Correlation yang dihubungkan antara masing-masing variabel mempunyai korelasi yang signifikan antara variabel yang dihubungkan yaitu percepatan GLBB dengan percepatan menggunakan Hukum II Newton.

### 3.2. Hubungan antara kecepatan saat GLBB dan GLB

Hasil dari perhitungan data percobaan Pesawat Atwood yang sudah dilakukan kemudian dianalisis menggunakan korelasi untuk mengetahui hubungan antara kecepatan GLBB dengan percepatan Hukum II Newton, diperoleh data sebagai berikut:

**Tabel 3.** Hasil uji korelasi antara kecepatan GLBB dengan kecepatan GLB.

		GLBB	GLB
GLBB	Pearson Correlation	1	.943 <sup>a</sup>
	Sig. (2-tailed)		.016
	N	5	5
GLB	Pearson Correlation	.943 <sup>a</sup>	1
	Sig. (2-tailed)	.016	
	N	5	5

<sup>a</sup>Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Dari data kecepatan GLBB dan GLB seperti pada tabel 4 dihitung korelasi antara kecepatan GLBB dengan GLB menggunakan uji korelasi dan diperoleh nilai korelasi sebesar 0,943. Nilai korelasi ini mendekati 1 yang berarti memiliki nilai korelasi yang tinggi. Dengan demikian, dapat diartikan bahwa antara kecepatan GLBB dengan kecepatan GLB mempunyai hubungan yang sangat kuat. Dalam hal ini, kecepatan GLBB dengan kecepatan pada saat GLB mempunyai hubungan yang searah. Jadi, ketika kecepatan saat GLBB besar maka kecepatan saat GLB juga besar dan sebaliknya.

Nilai korelasi yang diperoleh tersebut dilanjutkan dengan uji determinasi ( $r^2$ ), nilai yang diperoleh adalah 0,890 atau sama dengan 89 %. Nilai ini menunjukkan bahwa 89 % proporsi keragaman nilai kecepatan saat GLBB dapat dijelaskan oleh nilai kecepatan saat GLB melalui hubungan linier. Sisanya, yaitu 11 % dijelaskan oleh hal-hal lain.

Berdasarkan perhitungan uji korelasi antara kecepatan GLBB dengan kecepatan GLB diperoleh nilai signifikansi adalah 0.016. Nilai signifikansi  $0.016 < 0.05$  yang berarti terdapat korelasi yang signifikansi. Hal ini diperkuat dengan adanya tanda bintang pada hasil uji korelasi yang menunjukkan bahwa nilai Pearson Correlation yang dihubungkan antara masing-masing variabel mempunyai korelasi yang signifikan antara variabel yang dihubungkan yaitu kecepatan GLBB dengan kecepatan GLB.

## 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian mengenai korelasi antara kecepatan saat GLBB dan GLB pada pesawat Atwood berbasis Arduino dengan sensor logam sebesar 0,943 dengan nilai signifikansi



SEMINAR NASIONAL FISIKA (SNF) 2020  
“Peluang-Strategi Pembelajaran dan Penelitian pada Masa Pandemi COVID 19  
Menuju New Normal”  
Surabaya, 17 Oktober 2020



sebesar 0,016. Dimana nilai korelasi mendekati 1 berarti nilai korelasinya tinggi sedangkan nilai signifikansi  $0.016 < 0.05$  berarti terdapat korelasi yang signifikan antara kecepatan dan percepatan saat GLBB dan GLB. Jadi ketika kecepatan saat GLBB besar maka kecepatan saat GLB juga besar dan sebaliknya. Sedangkan korelasi percepatan antara Hukum II Newton dengan percepatan GLBB pada pesawat Atwood berbasis Arduino dengan timer otomatis sebesar 0,997 dengan nilai signifikansi 0,000, dimana nilai korelasi mendekati 1 berarti nilai korelasinya tinggi sedangkan nilai signifikansi  $0.000 < 0.05$  berarti terdapat korelasi yang signifikan antara percepatan pada hukum II newton dengan percepatan GLBB. Jadi ketika percepatan waktu GLBB besar maka percepatan pada hukum II newton juga besar dan sebaliknya.

### Referensi

- [1] Giancoli D C 2014 *Fisika: Prinsip dan Aplikasi Edisi ke 7 Jilid 1* (Jakarta: Erlangga)
- [2] Young H D dan Freedman R A 2002 *Fisika Universitas Jilid 1* (Jakarta: Erlangga)
- [3] Zakarias N 2008 *Fisika Dasar Jilid 1* (Kupang: Undana Press)
- [4] Tipler P A 1998 *Fisika untuk Sains dan Teknik* (Jakarta: Erlangga)
- [5] Pramesty R I 2013 *J. Inov. Pendidik. Fis.* **02 (03)** 70
- [6] Santoso, Sunarno dan Akhlis I 2016 *Integr. Lab J.* **04 (01)** 45
- [7] Tissos N P, Yulkifli dan Kamus Z 2014 *J. Sainstek* **16 (1)** 71
- [8] Afrilla D S, Tambunan W dan Sugianto 2014 *JOM FMIPA* **1 (2)** 1
- [9] Lambert T R 2017 *An Introduction to microcontrollers and Embedded Systems* (Alabama: Auburn University)
- [10] Jefiza A dan Novianas H 2020 *J. App. Sci. Electr. Eng. Comput. Technol.* **1 (2)** 19
- [11] Yani F, Badrun Y dan Retnowati S F 2016 *Pros. Celsitech-UMRI 2016 Vol 1* (Riau: LP2M UMRI) hal SCI-73