

SISTEM ALAT UKUR WAKTU OTOMATIS DENGAN SENSOR *LINE TRACKING* PADA MEDIA PEMBELAJARAN PESAWAT ATWOOD

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Sains Program Studi Fisika



Oleh

AULIA HANIFA BUDIMAN

NIM 1504341

PROGRAM STUDI FISIKA  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG  
2020

SISTEM ALAT UKUR WAKTU OTOMATIS DENGAN SENSOR *LINE TRACKING* PADA MEDIA PEMBELAJARAN PESAWAT ATWOOD

Oleh

AULIA HANIFA BUDIMAN

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Sains di Departemen Pendidikan Fisika pada Program Studi Fisika  
FPMIPA UPI

© Aulia Hanifa Budiman  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Januari 2020

©Hak Cipta dilindungi Undang-Undang  
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian  
Dengan dicetak ulang, difotokopi atau cara lainnya tanpa izin dari peneliti

## **LEMBAR PENGESAHAN**

**AULIA HANIFA BUDIMAN**

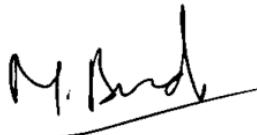
### **SISTEM ALAT UKUR WAKTU OTOMATIS DENGAN SENSOR LINE TRACKING PADA MEDIA PEMBELAJARAN PESAWAT ATWOOD**

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:  
**Pembimbing I:**



**Dr. Ahmad Aminudin, M.Si**  
**NIP. 197211122008121001**

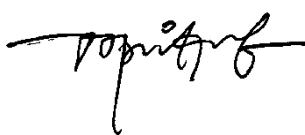
**Pembimbing II:**



**Drs. Maman Budiman, M.Eng., Ph.D.**  
**NIP. 196609251991031002**

**Mengetahui,**

**Ketua Departemen Pendidikan Fisika:**



**Dr. Taufik Ramlan Ramalis, M.Si.**  
**NIP. 195904011986011001**

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Sistem Alat Ukur Waktu Otomatis dengan Sensor *Line Tracking* pada Media Pembelajaran Pesawat Atwood” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya menanggung risiko dan sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Januari 2020

Yang membuat pernyataan,

Aulia Hanifa Budiman  
NIM. 1504341

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sistem Alat Ukur Waktu Otomatis dengan Sensor *Line Tracking* pada Media Pembelajaran Pesawat Atwood”

Skripsi ini merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains di Program Studi Fisika, Departemen Pendidikan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia. Penulis masih menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan pengetahuan, kemampuan, pengalaman dan beberapa kesulitan yang dihadapi penulis dalam proses penyelesaian skripsi. Sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi mencapai kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan berharap skripsi ini dapat memberikan informasi serta meningkatkan pengetahuan pembaca.

Bandung, Januari 2020

Aulia Hanifa Budiman

NIM 1504341

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Dalam menyelesaikan skripsi ini, pertama penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT. yang telah memberikan nikmat sehat dan waktu untuk menyelesaikan penelitian dan penulisan. Selain itu, penulis selalu mendapatkan bimbingan, dorongan, serta semangat dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga tercinta yang selalu mendukung, memotivasi dan memberi nasihat sehingga menjadi sumber penulis untuk tetap semangat dalam menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Dr. Ahmad Aminudin, M.Si. sebagai pembimbing I dan dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Maman Budiman, M.Eng.,Ph.D. sebagai pembimbing II yang memberikan banyak ilmu untuk penelitian yang telah penulis laksanakan.
4. Bapak Dr. Endi Suhendi, M.Si. selaku Ketua Prodi Fisika yang telah memberikan arahan mengenai tugas akhir sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Seluruh dosen Departemen Pendidikan Fisika yang telah memberikan wawasan ilmu pengetahuan selama proses perkuliahan di Universitas Pendidikan Indonesia.
6. Seluruh Staf Departemen Pendidikan Fisika yang telah memberikan bantuan dan layanan dalam proses administrasi penyusunan skripsi ini.
7. Teman-teman Fisika C 2015 yang telah menjadi menjadi keluarga bagi penulis dalam menjalani perkuliahan di Prodi Fisika.
8. Dan pihak-pihak lain yang telah membantu penulis namun tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT. selalu mencurahkan rahmat-Nya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung penyelesaian skripsi ini.

---

## SISTEM ALAT UKUR WAKTU OTOMATIS DENGAN SENSOR LINE TRACKING PADA MEDIA PEMBELAJARAN PESAWAT ATWOOD

---

AULIA HANIFA BUDIMAN

Pembimbing I : Dr. Ahmad Aminudin, M.Si.  
Pembimbing II : Drs. Maman Budiman, M.Eng.,Ph.D.

### ABSTRAK

Perancangan dan pembuatan sistem alat ukur waktu otomatis menggunakan sensor RPR-220 (*Reflective Photosensor*) pada pesawat Atwood telah dilakukan. Sistem alat ukur waktu yang telah dibangun berfungsi sebagai pengukur waktu tempuh beban jatuh dan hasil nilainya langsung ditampilkan pada LCD *Shield* Arduino. Penelitian dilakukan untuk menentukan percepatan dan momen inersia katrol pada sistem pesawat Atwood. Metode yang digunakan untuk menentukan percepatan pada sistem pesawat Atwood adalah dengan melakukan eksperimen mengukur waktu dari beberapa jarak tempuh beban jatuh yang berbeda. Eksperimen juga menggunakan beban tambahan yang berbeda agar bisa mengetahui pengaruh massa terhadap percepatan jatuh benda. Hasil data pengukuran waktu oleh sistem alat nantinya diolah dengan metode grafik berdasarkan persamaan percepatan  $a=2x/t^2$  yang didapatkan dari perumusan gerak lurus berubah beraturan. Gradien dari hasil persamaan grafik pengolahan data adalah nilai percepatan yang dicari. Dari hasil eksperimen yang telah dilakukan, percepatan berbanding lurus dengan massa beban tambahannya. Setelah mendapatkan percepatan, selanjutnya adalah menentukan momen inersia katrol. Momen inersia katrol besarnya selalu tetap. Perumusan momen inersia katrol dapat ditemukan dari penurunan persamaan gaya-gaya yang terjadi pada sistem pesawat Atwood. Momen inersia katrol yang didapatkan dari hasil pengolahan data eksperimen-eksperimen yang telah dilakukan adalah  $7,81 \times 10^{-3}$  kg m<sup>2</sup>;  $5,97 \times 10^{-3}$  kg m<sup>2</sup>;  $6,42 \times 10^{-3}$  kg m<sup>2</sup>; dan  $5,79 \times 10^{-3}$  kg m<sup>2</sup>.

**Kata kunci:** Hukum Newton, Percepatan, Momen Inersia, Sensor RPR-220

---

## AUTOMATIC TIME MEASUREMENT SYSTEM WITH LINE TRACKING SENSOR ON ATWOOD'S MACHINE LEARNING MEDIA

---

**AULIA HANIFA BUDIMAN**

Supervisor I : Dr. Ahmad Aminudin, M.Si.  
Supervisor II : Drs. Maman Budiman, M.Eng.,Ph.D.

### **ABSTRACT**

The design and manufacture of an automatic time measuring system using the RPR-220 (Reflective Photosensor) sensor on the Atwood's machine has been carried out. The system of measuring time that has been built functions as a gauge of the travel time for falling loads and the results are directly displayed on the Arduino LCD Shield. The study was conducted to determine the acceleration and moment of pulley inertia in the Atwood's machine system. The method used to determine the acceleration of the Atwood's machine system is to conduct experiments measuring the time of several different falling load distances. Experiments also use different additional loads in order to determine the effect of mass on the acceleration of falling objects. The results of time measurement data by the tool system will be processed using the graph method based on the acceleration equation  $a = 2x / t^2$  obtained from the formulation of accelerated linear motion. The gradient from the results of the data processing graph equation is the accelerated value sought. From the results of experiments that have been carried out, the acceleration is directly proportional to the mass of the additional load. After getting acceleration, the next step is to determine the moment of pulley inertia. The magnitude of the moment of inertia pulley always remain. The formulation of the pulley inertia moment can be found from the decrease in the equation of forces that occurs in the Atwood's machine system. Pulley inertia moment obtained from the results of data processing experiments that have been carried out are  $7,81 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$ ;  $5,97 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$ ;  $6,42 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$ ; and  $5,79 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$ .

**Keywords:** Newton's Law, Acceleration, Moment of Inertia, Sensor RPR-220

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1.    Latar Belakang .....	1
1.2.    Rumusan Masalah .....	2
1.3.    Tujuan.....	3
1.4.    Batasan Masalah.....	3
1.5.    Manfaat.....	3
1.6.    Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1.    Sensor <i>Line Tracking</i> (RPR-220) .....	5
2.2.    Modul LCD <i>Shield</i> .....	7
2.3.    Mikrokontroler .....	7
2.4.    Hukum Newton .....	9
2.4.1.    Hukum I Newton.....	10
2.4.2.    Hukum II Newton .....	10
2.4.3.    Hukum III Newton .....	11
2.5.    Gerak Lurus .....	12
2.5.1.    Gerak Lurus Beraturan (GLB) .....	12
2.5.2.    Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) .....	13
2.6.    Momen Inersia.....	14
2.7.    Hukum II Newton pada Gerak Rotasi .....	16
2.8.    Pesawat Atwood .....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1.    Metode Penelitian.....	20

3.2.	Diagram Alir Penelitian.....	21
3.3.	Alat, Bahan, dan <i>Software</i> .....	23
3.4.	Prosedur Penelitian.....	24
3.4.1.	Studi Literatur .....	24
3.4.2.	Perancangan dan Pembuatan Sistem Alat .....	24
3.4.3.	Diagram Blok Sistem Alat .....	31
3.4.4.	Perancangan dan Pembuatan Program .....	31
3.4.5.	Pengambilan Data Eksperimen .....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		36
4.1.	Uji Respon Sensor RPR-220 terhadap Penghalang Hitam dan Putih ....	36
4.2.	Perbandingan Respon Sensor 1, 2 dan 3 terhadap Jarak .....	39
4.3.	Pembahasan Hasil Data Eksperimen Pesawat Atwood .....	41
4.3.1.	Eksperimen 1: Mode 1 dan 2 Sistem Alat untuk $m_1$ .....	42
4.3.2.	Eksperimen 2: Mode 1 dan 2 Sistem Alat untuk $m_1 + m_2$ .....	48
4.3.3.	Eksperimen 3: Sistem Alat dan <i>Stopwatch</i> Manual, $m_3$ & $m_3+m_4$ .	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		63
5.1.	Kesimpulan.....	63
5.2.	Saran .....	63
DAFTAR PUSTAKA .....		64
LAMPIRAN .....		66

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi sensor RPR-220 pada batas maksimum (T=25° C) .....	5
Tabel 2.2 Spesifikasi sensor RPR-220 bagian karakteristik listrik dan optik (T=25° C)..	6
Tabel 2.3 Spesifikasi modul LCD Shield bagian karakteristik listrik.....	7
Tabel 2.4 Spesifikasi Arduino Uno.....	9
Tabel 3.1 Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian .....	23
Tabel 3.2 Software yang digunakan selama penelitian.....	24
Tabel 3.3 Spesifikasi rangkaian sistem untuk 3 sensor RPR-220.....	26
Tabel 3.4 Besaran massa beban gantung, beban tambahan dan katrol .....	35
Tabel 4.1 Data pengukuran waktu untuk eksperimen 1 mode 1 dan 2 .....	42
Tabel 4.2 Data percepatan dan momen inersia katrol untuk eksperimen 1 mode 1 .....	43
Tabel 4.3 Data perhitungan percepatan untuk eksperimen 1 mode 2 .....	47
Tabel 4.4 Data pengukuran waktu untuk eksperimen 2 mode 1 dan 2 .....	49
Tabel 4.5 Data percepatan dan momen inersia katrol untuk eksperimen 2 mode 1 .....	50
Tabel 4.6 Data perhitungan percepatan untuk eksperimen 2 mode 2 .....	53
Tabel 4.7 Data rata-rata waktu tiap jarak untuk pengukuran otomatis, $m_3$ .....	55
Tabel 4.8 Data rata-rata waktu tiap jarak untuk pengukuran manual $m_3+m_4$ .....	57
Tabel 4.9 Data rata-rata waktu tiap jarak untuk pengukuran otomatis, $m_3+m_4$ ....	59
Tabel 4.10 Data rata-rata waktu tiap jarak untuk pengukuran manual, $m_3+m_4$ ....	60

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sensor RPR-220 beserta penamaan kaki-kakinya.....	5
Gambar 2.2 Ilustrasi prinsip sensor RPR-220.....	6
Gambar 2.3 Modul LCD <i>Shield</i> .....	7
Gambar 2.4 Mikrokontroler Arduino .....	8
Gambar 2.5 Grafik GLB .....	12
Gambar 2.6 Grafik GLBB.....	14
Gambar 2.7 Contoh sederhana momen inersia .....	14
Gambar 2.8 Persamaan momen inersia untuk beberapa bentuk benda yang teratur.....	15
Gambar 2.9 Pesawat Atwood dan diagram benda bebas .....	16
Gambar 2.10 Pesawat Atwood saat massa $m_2$ jatuh dalam waktu $t$ .....	17
Gambar 2.11 Gaya-gaya pada (a) katrol saja dan (b) katrol dengan beban .....	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	21
Gambar 3.2 Rangkaian Sistem Sensor dari sudut pandang atas .....	25
Gambar 3.3 Rangkaian sistem sensor 1 .....	26
Gambar 3.4 Rancangan Sistem Alat Ukur Waktu Otomatis Pesawat Atwood....	27
Gambar 3.5 Sistem Alat Ukur Waktu Otomatis untuk Pesawat Atwood .....	29
Gambar 3.6 Rangkaian Sistem Alat Ukur Waktu .....	30
Gambar 3.7 Diagram Blok Sistem Alat Ukur Waktu .....	31
Gambar 3.8 Program pengujian sistem sensor .....	32
Gambar 3.9 Grafik data keluaran sistem sensor 1 berdasarkan Arduino (a) benda tidak terdeteksi, (b) benda terdeteksi .....	32
Gambar 3.10 Diagram Alir Program.....	33
Gambar 4.1 Grafik hubungan respon sensor 1 terhadap jarak .....	36
Gambar 4.2 Grafik hubungan respon sensor 2 terhadap jarak .....	37
Gambar 4.3 Grafik hubungan respon sensor 3 terhadap jarak .....	38
Gambar 4.4 Grafik untuk respon ketiga sensor pada penghalang warna hitam....	39
Gambar 4.5 Grafik untuk respon ketiga sensor pada penghalang warna putih.....	40
Gambar 4.6 Grafik hubungan jarak terhadap waktu, eks.1 mode 1, $m_1$ .....	45
Gambar 4.7 Grafik hubungan jarak terhadap waktu, eks. 1 mode 2, $m_1$ .....	48
Gambar 4.8 Grafik hubungan jarak terhadap waktu, eks. 2 mode 1, $m_1+m_2$ .....	51
Gambar 4.9 Grafik hubungan jarak terhadap waktu, eks. 2 mode 2, $m_1 + m_2$ .....	54
Gambar 4.10 Grafik hubungan jarak terhadap waktu, eks. 3 mode 1, $m_3$ .....	56

- Gambar 4.11 Grafik hubungan jarak terhadap waktu, eks. 3 *stopwatch*, m<sub>3</sub>..... 57  
Gambar 4.12 Grafik hubungan jarak terhadap waktu, eks.3 mode 1, m<sub>3</sub>+m<sub>4</sub>..... 59  
Gambar 4.13 Grafik hubungan jarak terhadap waktu, eks. 3 *stopwatch*, m<sub>3</sub>+m<sub>4</sub> . 61

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Uji Respon Sensor RPR-220 terhadap Penghalang Hitam dan Putih.	67
Lampiran 2 Data Eksperimen 1.....	68
Lampiran 3 Data Eksperimen 2.....	70
Lampiran 4 Data Eksperimen 3.....	72
Lampiran 5 Program Sistem Alat Ukur dengan Arduino IDE.....	74
Lampiran 6 Dokumentasi.....	76

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2016). *Fisika Dasar I*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Afrilla, D. S., Tambunan, W., & Sugianto. (2014). Rancang Bangun Rangkaian Timer Otomatis Pesawat Atwood. *JOM FMIPA Volume 1 No. 2*.
- Arduino. (2020). *ARDUINO UNO REV3*. Diakses 13 Januari 2020, dari Arduino Official Store: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
- Atmel. (2015). *ATmega328P Datasheet*. Diakses 14 Januari 2020, dari Microchip Technology: [http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P\\_Datasheet.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf)
- Ayala, K. J. (1991). *The 8051 Microcontroller*. St. Paul: West Publishing Company.
- Azar, A. (2011). Media Pembelajaran. *Evaluasi Pembelajaran, dsb. Universitas Pendidikan Indonesia*.
- Blum, J. (2019). *Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry Second Edition*. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc.
- Duffy, A. (2012). *Essential Physics, Volume 1*. Boston: Createspace Independent Pub.
- Fraden, J. (2003). *Handbook of Modern Sensors : Physics, Designs, and Applications 3rd Edition*. New York: Springer-Verlag, Inc.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2010). *Fundamentals of Physics 9th ed.* Hoboken: John Wiley & Sons Inc.
- Herman, S. L. (2010). *Industrial Motor Control, 6th Edition*. Clifton Park: Delmar Cengage Learning.
- ITead Studio. (2011). *LCD Keypad Shield*. Diakses 12 Januari 2020, dari ITead Studio: [www.iteadstudio.com](http://www.iteadstudio.com)
- Loyd, D. H. (2008). *Physics Laboratory Manual, Third Edition*. Belmont: Thomson Brooks/Cole.

- Marlin P. Jones & Assoc. Inc. (2019). *PIR Motion Detector/Light Sensor*. Diakses 12 November 2019, dari Marlin P. Jones & Assoc. Inc: <https://www.mpja.com/download/31227sc.pdf>
- Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C., & Marti, A. C. (2015). The Atwood machine revisited using smartphones. *The Physics Teacher* 53, 373. DOI: 10.1119/1.4928357.
- Physics Department. (2011). Introductory Physics Laboratory Manual. *The City University of New York*, 19-21.
- Rajguru Electronics. (2020). *LCD Keypad Shield for Arduino*. Diakses 12 Januari 2020, dari Rajguru Electronics: [www.rajguruelectronics.com](http://www.rajguruelectronics.com)
- ROHM Semiconductor. (2015). *Reflective photosensor (photoreflector)*. Diakses 3 Desember 2019, dari ROHM Semiconductor: [www.rohm.com](http://www.rohm.com)
- Saraswati, D. L., & Putri, D. A. (2018). Architecture of Atwood Machine Props with Sensor-based Passive Infrared. *Indonesian Review of Physics*. 1. 15. DOI: 10.12928/irip.v1i1.244.
- Yahdi, U. (1996). *Pengantar Fisika Mekanika*. Depok: Gunadarma.