

Pengembangan Sistem Deteksi Pergerakan Obyek Pada *Linear Air Track* Berbasis Arduino Untuk Eksperimen Mekanika Gerak Lurus

Muhammad Al Faris¹, Supriadi², Januar Srikandijana³

^{1,2}Program Studi Fisika FMIPA, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia;

³Program Studi Biologi FMIPA, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.

Article history

Received: October 24th, 2020

Revised: November 2st, 2020

Accepted: December 2th, 2020

*Corresponding Author:

Muhammad Al Faris, Program Studi Fisika FMIPA, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia;

Email: muhammadalfariss@yahoo.co.id

Abstract: Telah dirancang sebuah sistem deteksi pergerakan obyek pada lintasan *linear air track* untuk eksperimen mekanika gerak lurus. Dalam perancangan ini digunakan mikrokontroler Arduino Uno R3, dua pasang led inframerah dan fotodioda, sensor ultrasonik Ping sebagai sensor jarak, lintasan *linear air track* dengan panjang 240 cm, *blower* dan *vehicle*. Berdasarkan hasil pengujian alat yang dibuat dengan alat standar *stopwatch*, pada percobaan gerak lurus diperoleh persentase kesalahan pengukuran waktu maksimum sebesar 1,4%, dan persentase kesalahan perhitungan kecepatan maksimum sebesar 1,35%. Pada percobaan gerak lurus berubah beraturan diperoleh persentase kesalahan pengukuran waktu maksimum sebesar 1,46%, dan persentase kesalahan perhitungan kecepatan maksimum sebesar 2,46%. Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan dengan nilai persentase kesalahan yang diperoleh, menunjukkan bahwa perancangan alat deteksi pergerakan obyek yang telah dilakukan mulai dari perangkat masukan dan keluaran hingga pengimplementasian di dalam pengukuran waktu dan jarak pada percobaan GLB dan GLBB dapat bekerja dengan baik dan dapat digunakan untuk kegiatan eksperimen mekanika gerak lurus di laboratorium.

Keywords: Linear Air Track, Gerak Lurus, Arduino

Pendahuluan

Ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) saat ini berkembang sangat pesat ditandai dengan kehidupan manusia yang berbasis teknologi. Seiring dengan perkembangan IPTEK maka manusia dituntut agar mampu memanfaatkan IPTEK dalam menyelesaikan berbagai fenomena alam dalam berbagai bidang, salah satunya dalam bidang fisika. Fisika merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang mempelajari tentang fenomena alam. Fenomena alam didalam fisika dapat ditinjau secara teoritis maupun eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk membuktikan kebenaran teori sedangkan teori digunakan untuk memandu jalannya sebuah eksperimen.

Di laboratorium, terdapat alat-alat praktikum yang digunakan untuk mempelajari suatu pokok bahasan tertentu. Satu contoh pokok bahasan yang dapat dipelajari di laboratorium adalah tentang gerak lurus, yaitu ilmu fisika yang mempelajari suatu gerak

benda yang memiliki besaran kecepatan dan percepatan. Pada peristiwa gerak lurus selalu terjadi peristiwa gesekan, dengan adanya gesekan tersebut, seringkali membuat perhitungan atau pengukuran menjadi lebih sulit atau bahkan membuat hasil yang diperoleh jauh dari kesesuaian. Dalam kegiatan eksperimen, biasanya pengukuran jarak dilakukan secara manual menggunakan penggaris dan pencatatan selang waktu menggunakan stopwatch.

Penggunaan sensor cahaya sebagai pengganti stopwatch dalam percobaan mekanika terutama tentang gerak telah banyak diteliti. Indah Setiorini (2014) telah membuat sebuah *smart timer* sebagai pengukur waktu dan kecepatan dengan menggunakan dua buah photo dioda pada jarak tertentu untuk media pembelajaran gerak lurus (Setiorini, 2014). Dwi kurniawan (2015) melakukan perancangan kit percobaan gerak lurus beraturan pada midang miring menggunakan lima buah sensor *phototransistor* yang ditempatkan pada bidang miring untuk mendeteksi pergerakan troli yang datanya diolah dan

ditampilkan ke LCD menggunakan mikrokontroler (Kurniawan, 2015). Vionanda Sheila Deesera, telah merancang alat ukur GLBB pada bidang miring menggunakan 6 fotodioda yang disusun dan percepatannya dengan menggunakan arduino, kemudian data dari arduino ini dikirim dan diproses menggunakan PC (Deesera, 2017). Muharmen Suari, telah melakukan pengujian Sensor Jarak HC-SR04 Pada Percobaan Gerak Lurus Suatu Benda menggunakan rel sebagai lintasan. Namun pada penelitian tersebut, pengukuran jarak pada setiap sensor masih menggunakan meteran dan lintasan menggunakan rel yang memiliki gesekan jika obyek bergerak sehingga perlu dipertimbangkan penggunaan sensor jarak dan linear air track sebagai lintasan pada eksperimen gerak lurus.

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan sistem deteksi pergerakan obyek pada linear air track berbasis Arduino.

Hasil dari penelitian ini adalah merancang sebuah sistem deteksi pergerakan obyek berbasis Arduino yang dapat digunakan untuk mengukur waktu dan jarak secara otomatis pada lintasan *linear air track* sebagai upaya membantu kegiatan eksperimen mekanika gerak lurus di laboratorium.

Gerak lurus beraturan (GLB) adalah gerak suatu benda yang lintasannya berupa garis lurus dan besar kecepatannya setiap saat selalu sama atau tetap. Kecepatan tetap artinya baik besar maupun arahnya tetap. Pada gerak lurus, persamaan yang berlaku adalah

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (1)$$

Gerak lurus berubah beraturan adalah gerak lurus yang menempuh lintasan lurus yang kecepatannya mengalami perubahan yang sama setiap detiknya. Pada peristiwa gerak lurus berubah beraturan, benda mempunyai percepatan konstan setiap waktu. Adanya percepatan ini berarti kecepatan benda selalu berubah-ubah setiap waktu. Pada gerak lurus berubah beraturan persamaan yang berlaku adalah

$$v_t^2 = v_0^2 + 2a\Delta x \quad (2)$$

Arduino dikatakan sebagai sebuah platform dari *physical computing* yang bersifat *open source* baik untuk *hardware* maupun *software*. *Development Board* Uno R3 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino yang menggunakan chip ATmega328P. Disebut sebagai papan pengembangan karena board ini memang berfungsi sebagai arena *prototyping* sirkuit mikrokontroler. Dengan menggunakan papan pengembangan, akan lebih mudah merangkai rangkaian elektronika mikrokontroler dibanding

jika memulai merakit ATmega328 dari awal di breadboard.

Board Uno R3 memiliki 14 digital pin I/O, dimana 6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 pin input analog, menggunakan *crystal* 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset.

Fotodioda merupakan piranti semikonduktor dengan struktur p-n yang dirancang untuk beroperasi bila dibiaskan dalam keadaan terbalik, untuk mendeteksi cahaya. Ketika energi cahaya dengan panjang gelombang yang benar jatuh pada sambungan fotodioda, arus mengalir dalam sirkuit eksternal. Komponen ini kemudian akan bekerja sebagai generator arus, yang arusnya sebanding dengan intensitas cahaya itu. Cahaya diserap di daerah penyambungan atau daerah intrinsik menimbulkan pasangan elektron-hole yang mengalami perubahan karakteristik elektrik ketika energi cahaya melepaskan pembawa muatan dalam bahan itu, sehingga menyebabkan berubahnya konduktivitas.

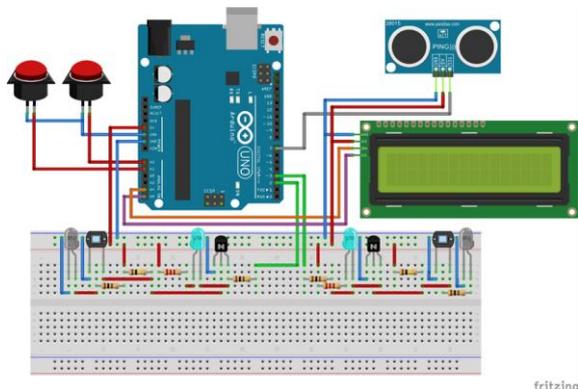
Sensor ultrasonik merupakan sensor yang dapat digunakan untuk menentukan jarak sebuah tempat dengan suatu objek di tempat lain. Sensor ini menggunakan sinyal ultrasonik untuk mendeteksi adanya objek di depan sensor. Sensor ultrasonik terdiri dari pembangkit gelombang dan penerima gelombang. Pada saat bekerja pembangkit gelombang akan memancarkan gelombang ke depan. Jika di depan sensor terdapat sebuah objek, maka gelombang akan dipantulkan oleh objek tersebut dan akan diterima oleh penerima pada sensor. Waktu tempuh gelombang dari sumber sampai dengan penerima merupakan waktu yang diperlukan untuk menempuh dua kali jarak benda dengan sensor. Sehingga waktu tempuh yang diperlukan merupakan setengah dari waktu tempuh gelombang. Kecepatan gelombang suara dalam udara adalah 340 m/detik. Spesifikasi sensor Ping adalah kirasan pengukuran 3 cm sampai 3 m, *Echo hold off* 750 us dari *off trigger pulse*, *delay before next measurement* 200 us. *Input trigger* – positif TTL pulse, 2 us min, 5 us tipikal, *burst* indikator LED menampilkan aktivitas sensor.

Metode

Tahapan kegiatan penelitian meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*software*), perancangan sistem mekanik, pengujian dan analisis data. Dalam melakukan perancangan perangkat keras, terlebih dahulu dilakukan studi literatur yang

berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan dengan mencari sumber referensi yang berkaitan dengan pembuatan sistem pendeteksi obyek bergerak. Selanjutnya menentukan komponen yang akan digunakan dalam perancangan seperti sensor inframerah, mikrokontroler, sensor jarak, lintasan *linear air track* yang dilengkapi *vehicles* dan *blower*. Dalam perancangan ini digunakan mikrokontroler Arduino Uno R3, led inframerah dan fotodiode sebagai sensor inframerah, serta sensor ultrasonik Ping sebagai sensor jarak.

Rangkaian perangkat keras pada penelitian ini seperti pada gambar berikut.



Gambar 1. Rangkaian perangkat keras

Perancangan perangkat lunak (*software*) berfungsi untuk mengatur kinerja alat peraga agar bekerja berdasarkan alur maupun logika tertentu. Hasil desain perangkat keras akan bekerja berdasarkan alur perangkat lunak yang didesain dan ditanamkan pada Arduino. Desain perangkat lunak menggunakan Bahasa C dan *compiler Integrated Development Environment* (IDE) Arduino. Desain perangkat lunak juga terdiri dari tiga logika pengambilan keputusan. Logika ini dikendalikan melalui input dari sensor ultrasonik Ping, tombol *push button* dan sensor inframerah. Penggunaan logika dalam pengambilan keputusan pada pengembangan alat ini bertujuan untuk mengendalikan pengoperasian alat dalam mengukur jarak tempuh benda dan waktu tempuh benda.

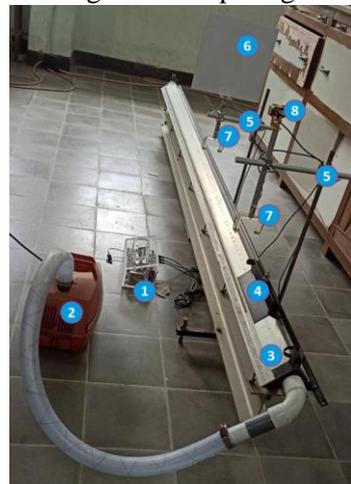
Perancangan sistem mekanik berfungsi untuk memperagakan dan menguji rangkaian pendeteksi obyek pada mekanika gerak lurus. Pada bagian ini perangkat yang harus disiapkan adalah perangkat keras yang dibuat, *linear air track*, *blower*, *vehicles* atau benda luncur, statif sebagai pemegang sensor inframerah dan sensor jarak serta penghalang.

Pengujian alat dilakukan dengan membandingkan antara hasil dari alat yang dibuat dengan alat standar yaitu *stopwatch*. Adapun

stopwatch yang digunakan disediakan dari *stopwatch smartphone*.

Berikut langkah percobaan pengujian alat pada gerak lurus beraturan.

1. Merangkai alat seperti gambar 2.



1. Box Sistem Pendeteksi Waktu
2. Blower
3. Linear Air Track
4. Vehicle dengan flag
5. Statif dilengkapi boss head
6. Layar Penghalang Sensor Ultrasonik
7. IR dan Photodiode
8. Sensor Ultrasonik

Gambar 2. Rancangan Percobaan

2. Lintasan *air track* diatur agar benar-benar lurus dengan bantuan *waterpass*.
3. Memasang *flag* pada *vehicles*.
4. Mengatur jarak sensor IR1 dan IR2 sejauh 20 cm.
5. Menekan Tombol Start, dan dicatat nilai jarak yang ditunjukkan pada layar LCD.
6. Menyalakan blower, *vehicles* ditahan pada ujung lintasan lalu dilepaskan.
7. Mencatat waktu yang terukur pada layar LCD Ketika *vehicles* melewati sensor IR2.
8. Menekan tombol Reset.
9. Mengulangi langkah (5) sampai (8) sebanyak 10 kali.
10. Mengulangi langkah (4) sampai (9) dengan jarak sensor 40 cm, 60 cm, 80 cm, 100 cm dan 120 cm.

Berikut langkah percobaan pengujian alat pada gerak lurus berubah beraturan.

1. Merangkai alat seperti gambar 2.
2. Lintasan *air track* sedikit dimiringkan pada sisi sensor IR2 dengan memutar kaki penyangga.
3. Memasang *flag* pada *vehicles*.
4. Mengatur jarak sensor IR1 dan IR2 sejauh 20 cm.
5. Menekan Tombol Start, dan dicatat nilai jarak yang ditunjukkan pada layar LCD.
6. Menyalakan blower, *vehicles* ditahan pada ujung lintasan lalu dilepaskan.
7. Mencatat waktu yang terukur pada layar LCD Ketika *vehicles* melewati sensor IR2.
8. Menekan tombol Reset.
9. Mengulangi langkah (5) sampai (8) sebanyak 10 kali.

10. Mengulangi langkah (4) sampai (9) dengan jarak sensor 40 cm, 60 cm, 80 cm, 100 cm dan 120 cm.

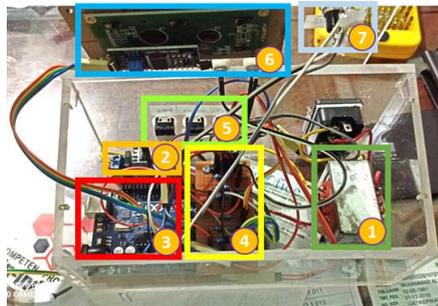
Untuk mencari persentase kesalahan alat dapat menggunakan persamaan

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \times 100\%$$

Dimana Y_n adalah nilai alat perbandingan, X_n adalah nilai alat rancangan.

Hasil dan Pembahasan

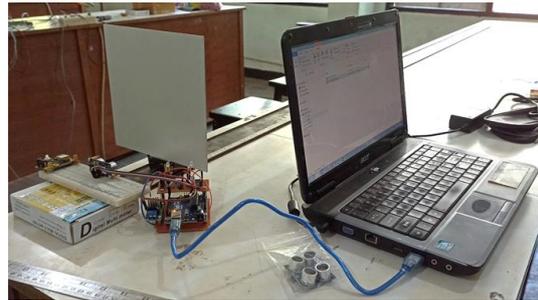
Hasil perancangan rangkaian alat deteksi pergerakan obyek yang dibuat terdiri atas mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengatur input dan output. Komponen input dan output berupa led inframerah dan fotodiode, sensor ultrasonik Ping, push button, LCD, dan led sebagai indikator obyek melewati sensor. Sebagai lintasan pergerakan obyek digunakan peralatan yang sudah ada di laboratorium yaitu linear air track dan dilengkapi dengan *vehicle* dan *blower*. Pada rangkaian perangkat keras, disediakan 2 buah tombol untuk memulai pengukuran dan untuk mereset hasil pengukuran. Berikut gambar rangkaian perangkat keras.



Gambar 3. Hasil perancangan alat deteksi pergerakan obyek

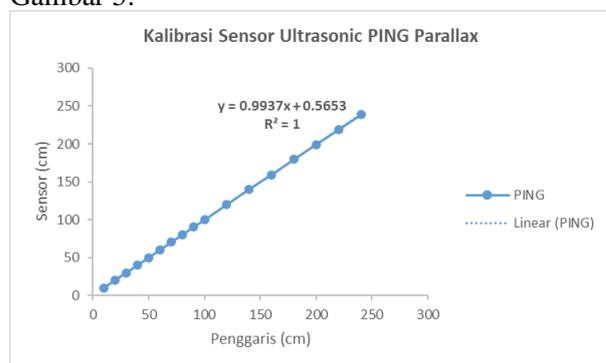
Led inframerah dan fotodiode digunakan sebagai pemicu bagi mikrokontroler untuk memulai dan menghentikan pengukuran waktu. Tegangan keluaran dari rangkaian sensor inframerah bernilai 0 volt ketika cahaya inframerah tidak mengenai fotodiode, dan akan bernilai 5 volt apabila cahaya inframerah mengenai fotodiode. Sehingga sensor bersifat aktif *LOW*.

Sensor ultrasonik digunakan sebagai pengukur jarak. Sebelum digunakan, terlebih dahulu sensor ultrasonik harus dikalibrasi agar hasil pengukuran jarak lebih akurat. Proses kalibrasi sensor ultrasonik pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses kalibrasi sensor ultrasonik

Kalibrasi sensor ultrasonik dilakukan mulai dari 10 cm sampai 240 cm. Hasil kalibrasi jarak sensor ultrasonik terhadap meteran ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses kalibrasi sensor ultrasonik

Hasil kalibrasi yang diperoleh menunjukkan perbandingan jarak sensor ultrasonik dan meteran adalah linear dengan persamaan linearitasnya adalah $y = 0,9937x + 0,5653$. Persamaan ini yang akan dimasukkan ke dalam sketsa program pada Arduino dengan mengambil nilai x sebagai hasil pembacaan sensor yang telah terkalibrasi.

$$x = (y - 0,5653) / 0,9937$$

Setelah semua perancangan rangkaian telah selesai dilakukan, maka proses selanjutnya adalah melakukan pengujian alat dengan melakukan percobaan pada lintasan *linear air track*. Pada dasarnya percobaan dilakukan untuk mengetahui kelayakan alat dan membandingkan dengan alat standar yang biasa digunakan yaitu stopwatch. Pada proses pengujian ini digunakan lintasan dengan panjang 240 cm, dan *vehicle* dengan panjang 20 cm. Saat *vehicle* bergerak dan melewati dua sensor inframerah, diukur sebagai waktu t (s) dan jarak dua sensor inframerah yang diukur oleh sensor jarak diukur sebagai jarak x (cm).

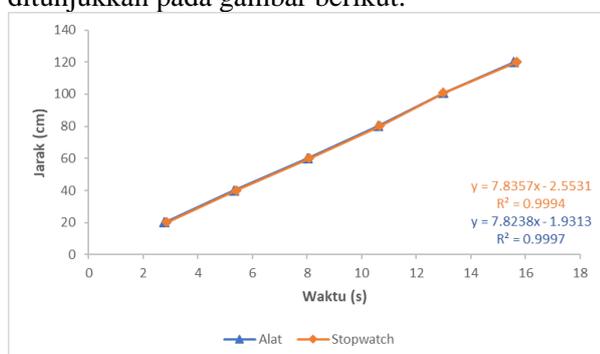
Berikut tabel data hasil percobaan gerak lurus beraturan.

Tabel 1. Data percobaan gerak lurus beraturan.

No	Jarak (cm)	Waktu (s)	
		Alat	Stopwatch
1	20.15	2.776	2.86
2	40.03	5.334	5.41
3	60.09	8.019	8.08
4	80.11	10.594	10.67
5	100.75	12.994	12.99
6	119.92	15.581	15.68

Berdasarkan hasil pengujian dengan alat dan stopwatch menunjukkan bahwa hasil pengukuran bersesuaian. Semakin besar jarak antara dua sensor maka waktu besar pula waktu yang dihasilkan. Sebaliknya semakin kecil jarak antara dua sensor maka semakin kecil pula waktu yang dihasilkan.

Grafik hubungan antara waktu terhadap jarak ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 6. Grafik hubungan waktu dan kecepatan GLB

Berdasarkan hasil pengukuran dengan alat yang dibuat dan stopwatch pada percobaan gerak lurus beraturan, kesalahan perhitungan waktu maksimum sebesar 1,4% dan kesalahan perhitungan kecepatan maksimum sebesar 1,35%.

Percobaan selanjutnya dilakukan pengujian alat pada gerak lurus berubah beraturan dengan membandingkan hasil pembacaan alat yang dibuat dengan stopwatch pada lintasan miring. Pada percobaan GLBB posisi lintasan di sisi sensor IR2 diturunkan sedikit dengan memutar sekrup pada kaki lintasan.

Berikut tabel data hasil percobaan GLBB dipercepat.

Tabel 2. Data percobaan GLBB.

No	Jarak (cm)	Waktu (s)	
		Alat	Stopwatch
1	20.14	1.737	1.77
2	39.94	3.288	3.32
3	59.99	4.715	4.77
4	79.97	5.988	6.00
5	100.11	7.229	7.30
6	120.05	8.329	8.38

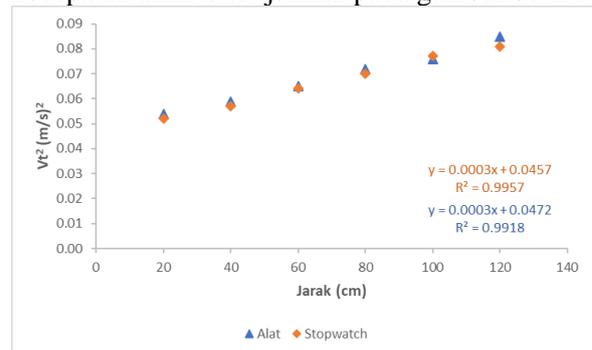
Dengan menggunakan data pada tabel di atas dapat diperoleh kecepatan akhir dari benda sebagai berikut.

Tabel 2. Data percobaan GLBB.

No	Jarak (cm)	v_t^2 (m/s) ²	
		Alat	Stopwatch
1	20.14	0.054	0.052
2	39.94	0.059	0.057
3	59.99	0.065	0.064
4	79.97	0.072	0.070
5	100.11	0.076	0.077
6	120.05	0.085	0.081

Berdasarkan hasil pengujian dengan alat dan stopwatch menunjukkan bahwa hasil pengukuran bersesuaian. Semakin besar jarak antara dua sensor maka waktu besar pula waktu yang dihasilkan. Akan tetapi perubahan waktu untuk jarak yang sama semakin kecil.

Grafik hubungan antara jarak terhadap kecepatan akhir ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 7. Grafik hubungan waktu dan kecepatan GLB

Berdasarkan hasil pengukuran dengan alat yang dibuat dan stopwatch pada percobaan gerak lurus berubah beraturan, kesalahan perhitungan waktu maksimum sebesar 1,86% dan kesalahan perhitungan kecepatan maksimum sebesar 2,46%.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan terdapat perbedaan nilai yang terukur antara alat hasil rancangan dan alat pembanding. Hal ini terlihat dari besarnya persentase kesalahan yang telah diukur. Adanya perbedaan nilai yang terukur disebabkan oleh keterbatasan alat rancangan yang dibuat dari segi penggunaan fungsi timer yang digunakan dalam software. Selain itu juga disebabkan oleh penggunaan alat pembanding yang tidak sinkron pada saat mulai penghitungan dan selesai penghitungan waktu

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa

perancangan alat deteksi pergerakan obyek yang telah dilakukan mulai dari perangkat masukan dan keluaran hingga pengimplementasian di dalam pengukuran waktu dan jarak pada percobaan GLB dan GLBB dapat bekerja dengan baik. Namun demikian besarnya persentase kesalahan yang diperoleh masih terlalu besar, sehingga kedepannya diperlukan perbaikan sistem masukan dengan menggunakan komponen sensor yang lebih responsif. Selain itu diperlukan pengujian dengan menggunakan alat pembanding standar yang lebih akurat sehingga diperoleh hasil pengukuran waktu yang lebih baik.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Sumber Daya Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, karena penelitian ini telah didanai oleh dana DIPA Direktorat Sumber Daya Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Tahun 2020 dengan kontrak Nomor : 31/EA.3/KU/2020, Tanggal 20 Juli 2020.

Daftar Pustaka

Atani, O.A., Lapono, L.A.S., Louk, A.Ch. Rancang Bangun Alat Peraga Praktikum Gerak Jatuh Bebas. *Jurnal Fisika Fisika Sains dan Aplikasinya*. ISSN: 2503-5274(p), 2657-1900(e), Vol. 4, No. 1 – April 2019.

Deesera, V.S., Ilhamsyah, Triyanto, D. Rancang Bangun Alat Ukur Gerak Lurus Berubah Beraturan (Glbb) Pada Bidang Miring Berbasis Arduino. *Jurnal Coding Sistem Komputer Untan*, ISSN : 2338-493X, Volume 05, No.2 (2017), hal 47-56.

Kurniawan, D. Perancangan Kit Percobaan Gerak Lurus Berubah Beraturan pada Bidang Miring. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, Volume 04 Nomor 02, Tahun 2015, hal. 84-88.

Priyambodo TK. 2018. *Fisika Dasar*. Yogyakarta. Penerbit Andi.

Setiorini, I. Rancang Bangun Smart Timer Sebagai Alat Pengukur Waktu dan Kecepatan untuk Media Pembelajaran Gerak Lurus. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, Volume 3 Nomor 2, Tahun 2014, hal. 53-59.

Suari, M. Pengujian Sensor Jarak HC-SR04 Pada Percobaan Gerak Lurus Suatu Benda. *Natural Science Journal*, ISSN : 2477-6181, Volume 4, Nomor 2, September , 2018, Page 686-699.

Syahwil M. 2013. *Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta. Penerbit Andi.

Triaga, E., Yulkifli, Yohandri. Pembuatan Air Track Untuk Eksperimen Kinematika Dan Dinamika Berbasis Mikrokontroler Atmega328. *Pillar of Physics*, Vol. 10. Oktober 2017, 14-22.

Wicaksono, Muhammad Fajar. 2019. *Aplikasi Arduino dan Sensor*. Bandung. Penerbit Informatika.