

PEMBUATAN SISTEM PENGUKURAN BESARAN GERAK LURUS BERBASIS PERSONAL KOMPUTER MENGGUNAKAN SENSOR OPTOCOUPLER

Rani Humaira¹⁾ Asrizal²⁾ Zuhendri Kamus²⁾

¹⁾Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

rons_refand47@yahoo.co.id

ABSTRACT

Linier motion experiment is one of important experiment in physics because linear motion is basic motion which learned in the physics. The objective of this research is create a system of measuring linear motion parameters with good accuracy and precision and able to display data and graphics of linier motion parameters on personal computers using five HY860D optocoupler sensors with microcontroller Atmega 328 integrated on Arduino Uno board. There are three results of this research. First, the measurement system design consisting of five optocoupler sensor hang on a sensor pole with spacing between each sensor pole 50 cm, data of linier motion parameters which displayed on a computer include distance, time, average velocity and acceleration from each sensor and graphics show relation between distance and time, average velocity and time, acceleration and time. Second, the percentage of precision of time, average velocity, and acceleration for the measurement of uniform linear motion respectively 99.70 %, 99.91 %, and 100 %, percentage of precision of time, average velocity, and acceleration for the measurement of accelerated linier motion respectively 99.82 %, 86.18 %, and 98.70 %. Third, the average accuracy of time, average velocity and acceleration of uniform linear motion respectively 98.07%, 93.49 %, and 82.12 %, and average accuracy of time, average velocity and acceleration of the uniformly accelerated respectively 97.05 %, 98.22 %, and 90.04 % .

Keywords : Measurement System, Linier Motion, Linier Motion Experiment, Linier Motion Parameters, Personal Computer, Sensor Optocoupler

PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu ilmu dasar dari Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Pada hakikatnya ilmu fisika lahir dan berkembang dari hasil eksperimen. Dalam Fisika terdapat dua hal yang saling terkait dan tidak dapat dipisahkan, yaitu eksperimen dan telaah teori. Pada dasarnya teori bergantung pada hasil eksperimen. Disisi lain eksperimen dilakukan dengan berpedoman pada teori.

Eksperimen merupakan bagian terpenting dari IPA hal ini dikarenakan IPA adalah ilmu yang membahas gejala-gejala fisis yang terjadi di alam sekitar. Gejala-gejala fisis dapat dijelaskan dengan melakukan penyelidikan ilmiah. Proses yang sangat penting dalam melakukan penyelidikan ilmiah yakni pengamatan dan eksperimen. Eksperimen yang dilakukan harus memiliki ketelitian dan ketepatan yang baik sehingga diperoleh suatu kesimpulan berdasarkan teori yang sudah ada untuk melahirkan hukum dan teori yang baru.

Eksperimen Fisika dapat dilakukan dengan melibatkan suatu sistem pengukuran. Sistem pengukuran merupakan gabungan aktivitas, prosedur, alat ukur, perangkat lunak, dan subjek yang bertujuan untuk mendapatkan data pengukuran terhadap karakteristik yang sedang diukur. Alat ukur yang digunakan dalam pengukuran harus sesuai dengan besaran yang hendak diukur dan alat ukur sebaiknya

memiliki ketelitian yang baik agar memperoleh hasil pengukuran yang tepat.

Eksperimen Fisika tentang gerak lurus di Laboratium Mekanika FMIPA UNP biasanya dilakukan dengan menggunakan set eksperimen PASCO Air Track dengan *computer photogate timing system*. Set eksperimen PASCO Air Track tipe SF-9214 ini disertai dengan *air supply* dan perangkat pendukung. Namun sekarang terdapat beberapa bagian set eksperimen PASCO Air Track telah mengalami kerusakan. Sistem elektronika set eksperimen ini sudah tidak bisa lagi digunakan, antarmuka pada sistem ini masih cukup rumit. Perangkat set eksperimen, seperti photogate dan peluncur yang biasa digunakan sebagai objek pengukuran pun sudah tidak ada.

Permasalahan ini menyebabkan eksperimen gerak lurus sudah tidak lagi dilakukan, padahal gerak lurus merupakan gerak yang paling dasar dipelajari dalam Fisika. Disisi lain harga dari set eksperimen PASCO Air Track ini pun tidak murah. Kekurangan yang terdapat pada set eksperimen Air Track dengan *computer photogate timing system* dapat diperbaiki dengan melakukan beberapa modifikasi pada bagian yang rusak. Sistem elektronika pada set eksperimen dapat dikembangkan menjadi antarmuka yang lebih mudah bagi pengguna. Photogate serta perangkat set eksperimen dapat dibuat dari komponen yang sederhana dengan harga yang terjangkau.

Sistem pengukuran besaran gerak lurus dapat dibuat menggunakan sensor optocoupler HY860D

dan mikrokontroler ATmega 328 yang terintegrasi pada papan Arduino Uno untuk komunikasi data antara sensor dengan Personal Komputer sebagai display data dan grafik besaran gerak lurus.

Gerak lurus termasuk dalam kinematika satu dimensi. Gerak benda di ruang satu dimensi yakni gerakan suatu benda pada lintasan yang lurus dan datar^[1]. Dalam gerak lurus terdapat beberapa besaran yang terlibat seperti waktu, perpindahan, kecepatan rata-rata dan percepatan.

Perpindahan dapat didefinisikan sebagai perubahan posisi suatu benda dalam selang waktu tertentu^[2]. Perubahan posisi benda pada sumbu x dapat dituliskan dalam bentuk:

$$\Delta x = x_2 - x_1 \quad (1)$$

Besar x menyatakan posisi sedangkan Δx menyatakan perpindahan posisi dari x_1 (posisi awal) ke x_2 (posisi akhir) pada sebuah lintasan lurus^[3].

Kecepatan rata-rata dalam selang waktu tertentu sama dengan perpindahan rata-rata selama selang waktu tersebut^[2]. Kecepatan rata-rata (\bar{v}) dapat dituliskan dalam bentuk:

$$\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2)$$

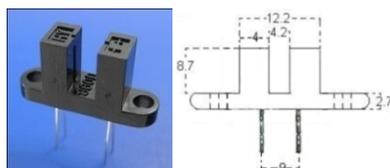
Benda yang kecepatannya berubah dikatakan mengalami percepatan. Percepatan menyatakan seberapa cepat kecepatan sebuah benda berubah^[4]. Dengan mengetahui perubahan kecepatan v_2 dan v_1 terhadap perubahan waktu yang ditempuh benda dari t_1 sampai dengan t_2 diperoleh nilai percepatan benda.

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (3)$$

Pada Gerak Lurus Beraturan (GLB) berarti benda bergerak pada kecepatan tetap sehingga percepatan yang dialami benda adalah nol^[5].

Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) terjadi bila benda bergerak pada percepatan tetap. Percepatan tetap artinya baik besar maupun arahnya tetap. GLBB dinyatakan dalam keadaan dipercepat bila percepatannya positif ($a > 0$), dan diperlambat bila ($a < 0$)^[5].

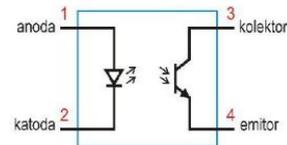
Opto berarti cahaya dan coupler berarti pemicu. Dapat diartikan bahwa sensor optocoupler adalah sensor yang dapat bekerja dalam dua keadaan, yakni dengan meneruskan atau menghalangi cahaya^[6].



Gambar 1. Bentuk dan Ukuran Sensor Optocoupler HY860D

Sensor optocoupler HY860D memiliki ukuran lebar celah 4,2 mm dengan panjang sensor 22 mm. Sensor optocoupler terdiri dari dua bagian yaitu

pemancar cahaya yang dibangun dari sebuah LED infra merah dan penerima cahaya yang dibangun dengan dasar komponen phototransistor, dimana terdapat celah pemisah di antara keduanya^[7]. Skema kaki sensor optocoupler dapat ditunjukkan seperti Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Skema Kaki Optocoupler

Jika antara phototransistor dan LED terhalang maka tidak ada arus yang mengalir pada kolektor. Phototransistor tersebut dalam keadaan terputus sehingga keluaran dari kolektor akan berlogika 1. Jika cahaya dari LED menuju phototransistor tidak terhalang maka timbul arus pada kolektor. Phototransistor tersebut dalam keadaan on sehingga keluaran dari kolektor akan berlogika 0^[8].

Arduino Uno merupakan salah satu compiler yang dapat memprogram mikrokontroler. Arduino Uno merupakan papan yang mengandung rangkaian elektronik dan sebuah mikrokontroler Atmega328 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer)^[9].



Gambar 3. Bentuk Fisik Papan Arduino^[10]

Arduino Uno mengandung mikroprosesor Atmel AVR dan dilengkapi dengan osilator 16 MHz dan regulator 5 Volt. Sejumlah pin tersedia di papan, Pin0 - Pin13 digunakan untuk masukan dan keluaran digital. Pin A0 - A5 digunakan untuk masukan dan keluaran analog. Arduino Uno memiliki *static random-access memory* (SRAM) berukuran 2 Kb, *flash memory* berkapasitas 32 Kb, dan EEPROM untuk menyimpan program^[9]. Berikut adalah konfigurasi dari pin mikrokontroler Atmega 328 pada papan Arduino Uno.

Arduino function	Pin	Arduino function
reset	(PCINT14/RESET) PC6	analog input 5
digital pin 0 (RX)	(PCINT16/RXD) PD0	analog input 4
digital pin 1 (TX)	(PCINT17/TXD) PD1	analog input 3
digital pin 2	(PCINT18/INT0) PD2	analog input 2
digital pin 3 (PWM)	(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	analog input 1
digital pin 4	(PCINT20/XCK/T0) PD4	analog input 0
VCC	VCC	GND
GND	GND	analog reference
crystal	(PCINT8/XTAL1/TOSC1) PB6	VCC
crystal	(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	VCC
digital pin 5 (PWM)	(PCINT21/OC0B/T1) PD5	digital pin 13
digital pin 6 (PWM)	(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	digital pin 12
digital pin 7	(PCINT23/AIN1) PD7	digital pin 11 (PWM)
digital pin 8	(PCINT0/CLKIO/CP1) PB0	digital pin 10 (PWM)
		digital pin 9 (PWM)

Gambar 4. Konfigurasi Pin Atmega 328^[10]

Peralatan elektronik pada umumnya butuh suatu sumber tegangan DC yang teratur untuk mengoperasikannya dengan besar antara 5 V hingga 30 V^[11]. Pada rangkaian sistem pengukuran gerak lurus ini membutuhkan sumber tegangan sekitar 5 V. Dengan menggunakan Arduino Uno catu daya dapat disuplai melalui koneksi USB.

Visual Basic merupakan salah satu bahasa pemrograman yang berorientasi objek (*Object Oriented Programming*). Pengguna dapat mengontrol operasi pada komputer hanya dengan menggerakkan *pointer* kemudian memilih *icons*. Pengguna dapat mengontrol *pointer* dengan menggerakkan perangkat masukan seperti *mouse*^[12]. Bahasa pemrograman adalah perintah-perintah yang diterjemahkan oleh komputer untuk melakukan beberapa tugas tertentu^[13]. Visual Basic merupakan development tool yang berfungsi untuk membuat program pada komputer, khususnya komputer dengan sistem operasi Windows.

Sensor optocoupler dirancang sebagai switch untuk mencacah waktu setiap ada benda yang melewati celah sensor. Sensor optocoupler dihubungkan ke komputer melalui papan Arduino Uno dengan koneksi USB. Data waktu yang diperoleh dari mikrokontroler kemudian dikonversi di Visual Basic menjadi nilai kecepatan rata-rata dan percepatan, kemudian data dan grafik nilai besaran gerak lurus tersebut ditampilkan pada Personal Komputer. Grafik yang ditampilkan pada sistem pengukuran ini adalah grafik hubungan jarak dengan waktu, kecepatan rata-rata dengan waktu dan percepatan dengan waktu dari pengukuran kedua jenis gerak lurus (GLB dan GLBB).

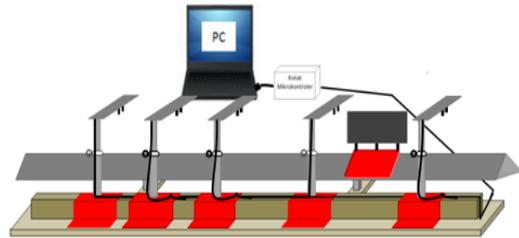
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika UNP. Waktu penelitian dilakukan mulai dari bulan Januari 2014 sampai dengan bulan Juli 2014. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium. Teknik pengukuran dan pengumpulan data dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung dilakukan terhadap pengukuran waktu dan jarak. Pengukuran secara tidak langsung dilakukan untuk menentukan kecepatan, percepatan, ketepatan dan ketelitian dari sistem pengukuran besaran gerak lurus. Data yang diperoleh melalui pengukuran dianalisis melalui dua cara yaitu secara statistik dan grafik.

Desain mekanik pada sistem pengukuran besaran gerak lurus ini terdiri dari lima buah sensor optocoupler yang masing-masing digantung pada tiang, lintasan Air Track dengan panjang 2 m beserta blower, dan sebuah peluncur. Kelima tiang didesain agar tingginya dapat diatur dan posisinya dapat

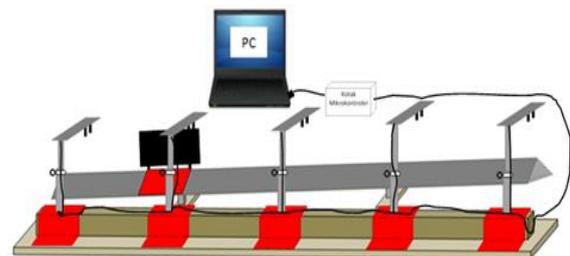
digeser ke kiri dan kanan sepanjang 2 m. Peluncur dibuat sesuai dengan permukaan lintasan Air Track

dengan penjepit diatasnya untuk menjepit plat.



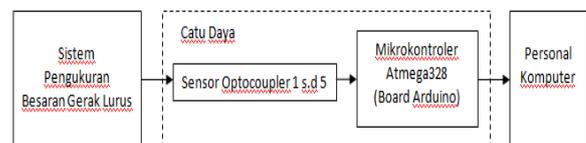
Gambar 6. Rancangan Sistem Pengukuran Besaran Gerak Lurus Beraturan

Pengukuran besaran gerak lurus untuk Gerak Lurus Beraturan dilakukan pada lintasan Air Track yang datar, sedangkan untuk Gerak Lurus Berubah Beraturan dilakukan pada lintasan Air Track yang miring. Salah satu kaki lintasan Air Track dibedakan tingginya agar lintasan memiliki kemiringan tertentu sehingga benda yang bergerak diatasnya dapat mengalami perubahan kecepatan. Posisi sensor disesuaikan dengan kemiringan lintasan dengan cara mengatur tinggi tiang sensor.



Gambar 7. Rancangan Sistem Pengukuran Besaran Gerak Lurus Berubah Beraturan

Berikut adalah blok diagram dari sistem pengukuran besaran gerak lurus berbasis PC menggunakan sensor optocoupler.

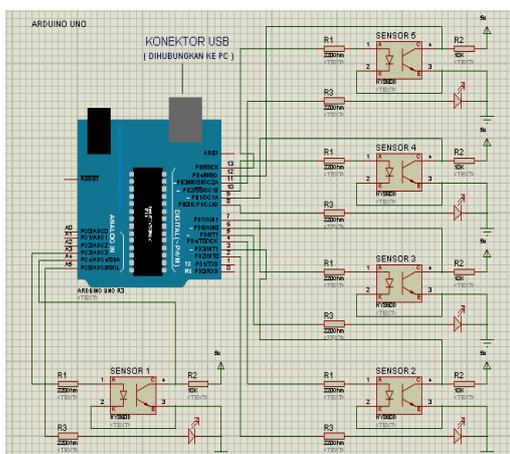


Gambar 8. Blok Diagram Sistem

Berdasarkan blok diagram pada Gambar 8, sensor optocoupler dan mikrokontroler Atmega 328 mendapat catu daya yang berasal dari personal komputer melalui sambungan USB. Selanjutnya, selama benda (plat tipis) pada lintasan Air Track bergerak melewati celah sensor optocoupler, sinar infra merah dari transmitter menuju receiver terhalang, akibatnya keluaran dari sensor berlogika 1. Mikrokontroler yang telah terhubung dengan sensor akan mengaktifkan timer saat menerima logika 1 dari sensor pertama dan selanjutnya waktu akan dicacah

dan dicatat ketika sensor kedua sampai dengan sensor kelima berlogika 1. Kemudian nilai waktu yang diperoleh dengan nilai jarak yang dimasukkan akan diolah sehingga diperoleh nilai kecepatan rata-rata, percepatan beserta grafik yang ditampilkan di komputer secara otomatis.

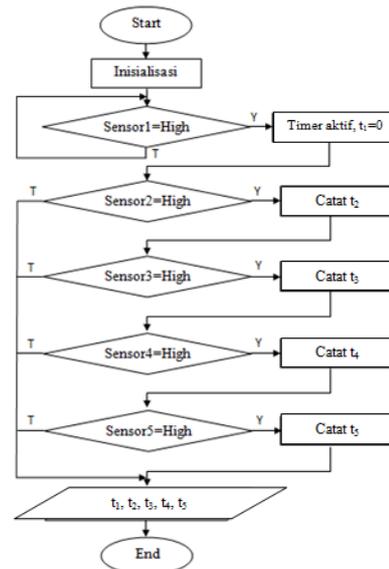
Rancangan rangkaian pada Sistem Pengukuran Besaran Gerak Lurus menggunakan Sensor Optocoupler ini terdiri dari; Papan Arduino Uno yang telah terintegrasi dengan mikrokontroler Atmega 328, lima buah sensor optocoupler, 10 buah resistor 220 Ω dan 5 buah resistor 10 kΩ, serta 5 buah LED sebagai indikator. Kelima sensor dihubungkan ke mikrokontroler Atmega 328 melalui pin yang ada pada papan Arduino Uno.



Gambar 9. Rancangan Rangkaian Sensor Optocoupler dengan Arduino

Pada sensor pertama kaki kolektor dihubungkan ke pin A3, kaki anoda dihubungkan ke pin A4, dan LED dihubungkan ke pin A5. Pada sensor kedua, kaki kolektor dihubungkan ke pin 4, kaki anoda dihubungkan ke pin 3, dan LED dihubungkan ke pin 2. Pada sensor ketiga, kaki kolektor dihubungkan ke pin 7, kaki anoda dihubungkan ke pin 6, dan LED dihubungkan ke pin 5. Pada sensor keempat, kaki kolektor dihubungkan ke pin 10, kaki anoda dihubungkan ke pin 9, dan LED dihubungkan ke pin 8. Pada sensor kelima, kaki kolektor dihubungkan ke pin 13, kaki anoda dihubungkan ke pin 12, dan LED dihubungkan ke pin 11. Catu daya untuk optocoupler diperoleh dari mikrokontroler yang dihubungkan ke pin 5v pada Papan Arduino. LED digunakan sebagai indikator selama sensor dalam keadaan terputus.

Desain perangkat lunak dari sistem pengukuran berupa diagram alir dari program. Mikrokontroler Atmega 328 diprogram dengan menggunakan perangkat lunak IDE Arduino 1.0.1 sedangkan antarmuka sistem pengukuran ini diprogram menggunakan Visual Basic 6. Rancangan diagram alir dari sistem pengukuran besaran gerak lurus berbasis personal komputer menggunakan optocoupler diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram Alir Pemrograman pada Mikrokontroler ATmega 328

Dari diagram alir pada Gambar 10, dapat dijelaskan bahwa saat sensor optocoupler 1 memberi pulsa tinggi ke mikrokontroler timer diaktifkan. Selanjutnya saat sensor optocoupler berikutnya (ke 2,3,4,5) memberi pulsa tinggi ke mikrokontroler, maka waktu sejak timer aktif akan dicatat dan mikrokontroler mencatat nilainya. Jika sensor optocoupler 2,3,4 dan 5 memberi pulsa rendah, maka program berhenti. Mikrokontroler diprogram agar sinyal yang diberikan sensor optocoupler 1, 2, 3, 4, dan 5 dikonversi menjadi nilai t_1 , t_2 , t_3 , t_4 , dan t_5 .

Kemudian setelah nilai jarak masing-masing sensor dimasukkan maka perhitungan dapat dimulai, secara otomatis nilai kecepatan rata-rata dan percepatan pada tiap titik sensor akan muncul beserta grafik hubungan antara jarak dengan waktu, kecepatan dengan waktu, dan percepatan dengan waktu, setelah itu data disimpan di database.

Penentuan ketepatan dilakukan dengan membandingkan data hasil pengukuran dan perhitungan dari sistem pengukuran dengan data pengukuran dan perhitungan menggunakan alat standar yakni dengan menggunakan stopwatch. Ketepatan dapat ditentukan dari persentase kesalahan antara nilai aktual dengan nilai yang terlihat. Presentase kesalahan dapat ditentukan dari persamaan:

$$\text{Persentase kesalahan} = \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \times 100\% \quad (4)$$

Y_n adalah nilai sebenarnya, X_n adalah nilai yang terbaca pada alat ukur. Ketepatan pengukuran (A) dari sistem pengukuran dapat ditentukan melalui persamaan berikut :

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \quad (5)$$

Ketepatan relatif rata-rata dari sistem pengukuran dapat ditentukan melalui persamaan:

$$A\% = \left[1 - \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right] \times 100\% \quad (6)$$

Ketelitian sistem pengukuran besaran gerak lurus ini dilakukan dengan melakukan pengukuran secara berulang sebanyak 10 kali. ketelitian dapat dinyatakan dengan persamaan.

$$P = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{X_n} \right| \quad (7)$$

X_n adalah nilai dari pengukuran data ke $-n$ dan \bar{X}_n adalah rata-rata dari set pengukuran, untuk mengukur standar deviasi dapat digunakan persamaan berikut :

$$\Delta X = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{n-1}} \quad (8)$$

Dari hasil pengukuran dapat dilihat seberapa besar kesalahan relatif pengukuran pada alat dengan menggunakan persamaan berikut :

$$KR = \frac{\Delta X}{X} \times 100\% \quad (9)$$

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini berupa deskripsi dari sistem pengukuran besaran gerak lurus berbasis personal komputer menggunakan sensor optocoupler yang telah dibuat. Deskripsi sistem pengukuran besaran gerak lurus ini terbagi atas spesifikasi performansi yakni identifikasi fungsi setiap bagian pembentuk sistem pengukuran dan spesifikasi desain yang meliputi ketepatan dan ketelitian data besaran gerak lurus yang diperoleh dari sistem pengukuran.

Spesifikasi performansi dari sistem pengukuran besaran gerak lurus berbasis personal komputer menggunakan sensor optocoupler merupakan identifikasi fungsi setiap bagian pembentuk sistem pengukuran. Sistem pengukuran besaran gerak lurus ini dibuat agar mampu mengukur dan menghitung besaran gerak lurus yakni waktu, jarak, kecepatan rata-rata dan percepatan. Sistem pengukuran besaran gerak lurus ini terdiri dari Air Track sepanjang 2 m sebagai lintasan, lima rangkaian sensor optocoupler, sebuah peluncur dan papan Arduino yang terhubung ke personal komputer.



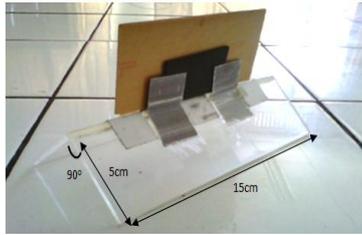
Gambar 12. Foto Hasil Desain Sistem Pengukuran Besaran Gerak Lurus Berbasis Personal Komputer Menggunakan Sensor Optocoupler

Tiap sensor optocoupler dipasang pada sebuah papan dengan ukuran 10 cm x 5 cm, dapat dilihat pada Gambar 13. Pada papan sensor terdapat rangkaian sensor yang terdiri dari resistor 10 Ω dan 220 Ω , sensor optocoupler dan indikator LED. Papan rangkaian sensor optocoupler kemudian disambung pada tiang penyangga sensor. Tiang penyangga sensor memiliki panjang maksimal 20 cm dan panjang minimal 10 cm dari alasnya. Alas tiang sensor dibuat dengan panjang 15 cm, lebar 6,5 cm, tinggi 7 cm, alas ini dibuat agar tiang mudah digeser ke posisi yang diinginkan. Kelima tiang sensor diletakkan di atas sebuah balok kayu dengan panjang 2 m, lebar 4,5 cm, dan tinggi 6,5 cm agar tiang sensor memiliki posisi yang sejajar satu sama lain dan juga agar posisi tiap sensor dapat divariasikan di sepanjang lintasan Air Track.



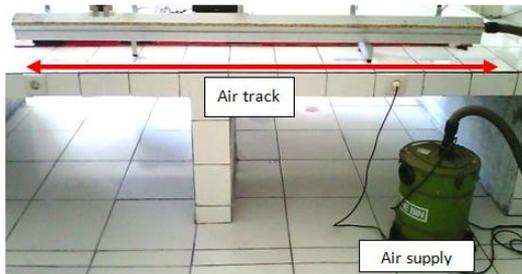
Gambar 13. Bentuk Tiang Penyangga Sensor dan Papan Sensor

Peluncur dibuat dengan dimensi 15 cm x 5 cm dan membentuk sudut 90°, di atas peluncur dipasang penjepit yang digunakan untuk menjepit plat tipis yang akan melewati celah sensor optocoupler. Berikut adalah bentuk peluncur beserta plat yang dijepit di atasnya.



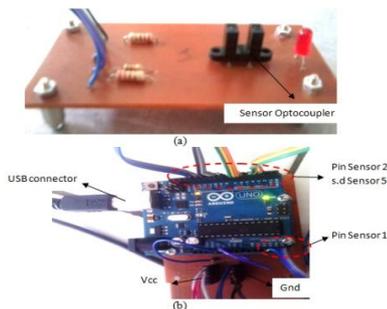
Gambar 14. Peluncur dengan Plat Diatasnya

Peluncur beserta plat di atasnya seperti pada gambar 14 diletakkan di atas lintasan Air Track. Saat menjalankan sistem pengukuran, peluncur meluncur di atas Air Track. Air Track digunakan sebagai lintasan agar peluncur bergerak tanpa ada gesekan. Hal ini dikarenakan pada permukaan Air Track terdapat lubang-lubang kecil yang berfungsi mengalirkan udara dari air supply yang terhubung pada Air Track. Berikut bentuk Air Track beserta air supply yang digunakan.



Gambar 15. Air Track beserta Air supply

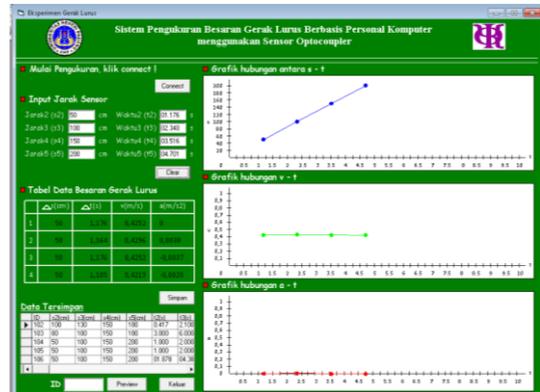
Rangkaian elektronika pembangun sistem pengukuran ini terdiri dari lima buah rangkaian sensor optocoupler HY860D yang dihubungkan ke mikrokontroler ATmega 328 melalui pin pada papan arduino. Tiap rangkaian sensor terdiri atas transmitter, detector dan LED indikator yang masing-masing dihubungkan ke pin pada papan arduino.



Gambar 16. Foto: a) Rangkaian Sensor Optocoupler b) Papan Arduino

Untuk memulai pengukuran klik connect pada display di PC dan letakkan peluncur dengan plat di atasnya di celah sensor pertama. Selanjutnya saat plat telah melewati celah sensor pertama timer aktif. Saat plat masuk ke celah sensor kedua, waktu t_2 muncul pada PC. Seterusnya setiap plat masuk ke celah sensor berikutnya, waktu t_3 , t_4 , dan t_5 muncul

pada PC. Jarak sensor kedua, ketiga, keempat, kelima dari sensor pertama dimasukkan ke PC. Setelah tombol hitung diklik secara otomatis muncul data kecepatan dan percepatan beserta grafik hubungan antara jarak dengan waktu, kecepatan dengan waktu, serta percepatan dengan waktu pada PC.

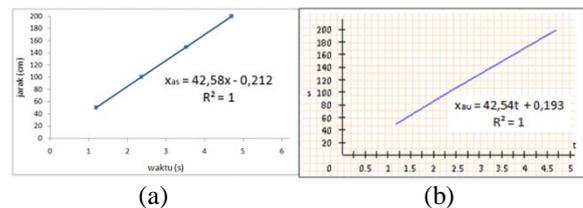


Gambar 17. Antarmuka Sistem Pengukuran Besaran Gerak Lurus

Pengukuran besaran gerak lurus dengan sistem pengukuran besaran gerak lurus ini terdiri atas dua jenis pengukuran. Pertama sistem pengukuran diset untuk melakukan pengukuran besaran gerak lurus beraturan. Kedua sistem pengukuran diset untuk melakukan pengukuran besaran gerak lurus berubah beraturan. Kemudian dari kedua jenis pengukuran tersebut ditentukan ketelitian dan ketepatan dari masing-masing besaran gerak lurus yang diukur.

Pengukuran besaran gerak lurus dilakukan secara berulang sebanyak 10 kali, baik pada pengukuran besaran pada gerak lurus beraturan maupun pengukuran besaran pada gerak lurus berubah beraturan. Sebelum melakukan pengukuran, masing-masing sensor diatur sedemikian rupa agar posisi sensor sejajar terhadap lintasan. Jarak antara satu sensor dengan yang lain yakni 50 cm. Sensor pertama berada di titik 0, sensor kedua berada di jarak 50 cm, sensor ketiga berada di jarak 100 cm, sensor keempat berada di jarak 150 cm, dan sensor kelima berada di jarak 200 cm.

Pada pengukuran besaran GLB rata-rata ketepatan pengukuran waktu yang dihasilkan oleh sistem pengukuran ini yakni sebesar 99,70 %.



Gambar 18. Hubungan Jarak-Waktu GLB (a) Hasil Pengukuran dengan Stopwatch (b) Hasil Pengukuran Sistem Pengukuran

Dari grafik pada Gambar 18 a diperoleh persamaan;

$x = 42,58t - 0,212$ dengan $R^2 = 1$ (10)
 dari grafik pada Gambar 18 b diperoleh persamaan;

$$x = 42,54t + 0,193 \text{ dengan } R^2 = 1 \quad (11)$$

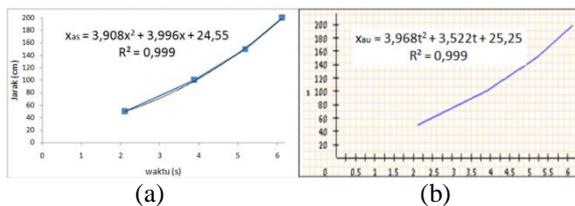
Persamaan x menyatakan kemiringan garis lurus dari grafik $s-t$ yang diperoleh dari sistem pengukuran dan R^2 merupakan koefisien korelasi $s-t$. Koefisien korelasi dari persamaan adalah 1 artinya korelasi tinggi.

Nilai kecepatan rata-rata diperoleh dengan menurunkan persamaan x terhadap t , dan dari turunan kedua persamaan x terhadap t dapat diperoleh nilai percepatan. Persen ketepatan kecepatan rata-rata dan percepatan yang diperoleh dengan dilihat pada pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketepatan Kecepatan Rata-rata dan Percepatan Pada GLB

	Sistem pengukuran	Alat ukur standar	Persen Kesalahan	Persen Ketepatan
v	42,54cm/s	42,58cm/s	0,09%	99,91%
a	0	0	0%	100%

Pada pengukuran besaran GLBB rata-rata ketepatan pengukuran waktu yang dihasilkan oleh sistem pengukuran ini yakni sebesar 99,82 %.



Gambar 19. Hubungan Jarak-Waktu GLBB (a) Hasil Pengukuran dengan Stopwatch (b) Hasil pengukuran sistem pengukuran

Dari grafik pada Gambar 18 b diperoleh persamaan;

$$x_{au} = 3,968t^2 + 3,522t + 25,25 \quad (12)$$

dari grafik pada Gambar 18 a diperoleh persamaan;

$$x_{as} = 3,908t^2 + 3,996t + 24,55 \quad (13)$$

Nilai kecepatan rata-rata diperoleh dengan menurunkan persamaan x terhadap t , kemudian dari masing-masing persamaan diperoleh nilai v saat nilai $t = 0$, dan dari turunan kedua persamaan x terhadap t dapat diperoleh nilai percepatan a . Persen ketepatan kecepatan rata-rata dan percepatan yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Ketepatan Kecepatan Rata-rata dan Percepatan Pada GLBB

	Sistem Pengukuran	Alat Ukur Standar	Persen Kesalahan	Persen Ketepatan
v	3,522cm/s	3,996cm/s	11,86%	88,14%
a	7,94cm/s ²	7,82cm/s ²	1,54%	98,47%

Pada pengukuran besaran GLB, ketelitian pengukuran waktu, kecepatan rata-rata dan percepatan yang dihasilkan sistem pengukuran ini

cukup baik. Nilai rata-rata ketelitian yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Ketelitian Kecepatan Rata-rata dan Percepatan Pada GLB

	% \overline{KR}	% \overline{P}
T	0,01	98,07
V	0,02	93,49
A	0,16	82,12

Pada pengukuran besaran GLBB, ketelitian pengukuran waktu, kecepatan rata-rata dan percepatan yang dihasilkan sistem pengukuran ini cukup baik. Dari 10 kali pengukuran berulang, diperoleh nilai rata-rata ketelitian yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Ketelitian Kecepatan Rata-rata dan Percepatan Pada GLBB

	% \overline{KR}	% \overline{P}
t	0,009	97,05
v	0,008	98,22
a	0,031	90,04

2. Pembahasan

Pembuatan sistem pengukuran gerak lurus berbasis personal komputer menggunakan sensor optocoupler ini telah dilakukan berdasarkan desain penelitian. Sistem pengukuran ini mampu mengukur waktu dengan resolusi milisekon dengan batas waktu maksimal yang dapat diukur yakni 10 s. Selain itu juga sistem pengukuran ini mampu menampilkan grafik hubungan antara besaran gerak lurus, antara lain hubungan jarak dengan waktu, kecepatan rata-rata dengan waktu dan percepatan dengan waktu.

Pengukuran besaran gerak lurus beraturan dengan sistem pengukuran ini menghasilkan data dan grafik yang sesuai dengan teori gerak lurus beraturan. Grafik yang diperoleh terlihat bahwa gerak plat pada lintasan merupakan gerak lurus beraturan, karena selang waktu setiap pertambahan jaraknya sama. Perubahan kecepatan yang dihasilkan pun tetap terhadap waktu. Percepatan dari pengukuran besaran gerak lurus beraturan yang diperoleh ini juga mendekati nol.

Pengukuran besaran gerak lurus berubah beraturan dengan sistem pengukuran ini juga menghasilkan data dan grafik yang sesuai dengan alat ukur standar. Namun, terdapat ketidaksesuaian dari hasil yang diperoleh dari sistem pengukuran dengan teori gerak lurus berubah beraturan. Plat yang bergerak pada lintasan mengalami percepatan positif, namun pertambahan kecepatan plat terhadap waktu tidak berubah secara beraturan, akibatnya percepatan yang dihasilkan tidak konstan.

Untuk aplikasi yang lebih luas, diperlukan beberapa perbaikan pada desain mekanik sistem pengukuran ini. Diperlukan perbaikan pada desain

papan dan tiang sensor agar mudah diatur, papan sensor dibuat dengan desain baru agar dapat berfungsi dengan baik dengan menggunakan bahan yang lebih tegar. Sistem pengukuran ini dapat dikembangkan dengan panjang lintasan lebih dari 2 m dan waktu maksimal yang dapat diukur yang lebih besar. Selain itu, alangkah lebih baik jika sensor optocoupler yang digunakan memiliki celah yang lebih lebar agar benda yang digunakan dalam eksperimen gerak lurus tidak terbatas hanya berupa plat tipis saja.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran besaran gerak lurus dan analisis terhadap sistem pengukuran besaran gerak lurus berbasis personal komputer menggunakan sensor optocoupler dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pengukuran besaran gerak lurus berbasis personal komputer menggunakan sensor optocoupler terdiri dari lintasan Air Track dengan panjang 2 m, sebuah peluncur dan lima buah papan dan tiang sensor. Pada sistem pengukuran ini terdapat lima buah rangkaian sensor optocoupler HY860D yang terhubung dengan Papan Arduino. Sistem pengukuran ini dapat diatur untuk pengukuran besaran kedua jenis gerak lurus yakni GLB dan GLBB serta mampu menampilkan data dan grafik hasil pengukuran waktu, kecepatan rata-rata, dan percepatan secara otomatis pada personal komputer.
2. Ketepatan dan ketelitian dari sistem pengukuran besaran gerak lurus berbasis personal komputer menggunakan sensor optocoupler ini cukup baik untuk pengukuran besaran kedua jenis gerak lurus, yakni GLB dan GLBB.
 - a. Ketepatan pengukuran besaran gerak lurus dengan sistem pengukuran ini cukup baik. Untuk pengukuran besaran pada GLB, diperoleh persen ketepatan waktu, kecepatan rata-rata, dan percepatan yakni 99,70 %, 99,91 %, dan 100 %. Untuk pengukuran besaran pada GLBB, diperoleh persen ketepatan waktu, kecepatan rata-rata, dan percepatan antara lain 99,82 %, 88,14 %, dan 98,47 %.
 - b. Ketelitian pengukuran besaran gerak lurus dengan sistem pengukuran ini cukup baik.

Ketelitian waktu, kecepatan rata-rata dan percepatan pada GLB yakni 98,07 %, 93,49 %, dan 82,12 % dengan kesalahan relatif 0,01, 0,02, dan 0,16. Disamping itu, Untuk pengukuran besaran gerak lurus berubah beraturan (GLBB), ketelitian waktu, kecepatan rata-rata, dan percepatan ini yakni 97,05 %, 98,22 %, dan 90,04 % dengan kesalahan relatif 0,009, 0,008, dan 0,031.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tipler, Paul A. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- [2] Young, Hugh D et.al. (2002). *Fisika Universitas Edisi 10 Jilid 1*. Jakarta: Erlangga
- [3] Giancoli. (2001). *Fisika Edisi 5 Jilid 1*. Jakarta: Erlangga
- [4] Sutrisno. (1997). *Fisika Dasar Mekanika*. Bandung: Penerbit ITB.
- [5] Bambang Eka Murdaka dan Tri Kuntoro Priyambodo. (2009). *Fisika Dasar untuk Mahasiswa Ilmu Komputer & Informatika*. Yogyakarta: Penerbit ANDI
- [6] Aang Sukendar. (2013). *Pembuatan Sistem Otomasi untuk Pengaturan Mekanisme Kerja Mesin Cetak Kerupuk menggunakan Mikrokontroler Atmega*. *Jurnal FEMA* Vol. 1, No.1.
- [7] Datasheet HY860D
- [8] Ashuri. (2009). *Telemetri Arah Mata Angin Dan Kecepatan Angin Berbasis SMS*. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Maulana Malik Ibrahim.
- [9] Abdul Kadir. (2013). *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemogramannya menggunakan Arduino*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- [10] Arduino. (2013). *Arduino Uno*. <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- [11] Tooley, Mike. (2003). *Rangkaian Elektronik Prinsip dan Aplikasi*. Jakarta: Erlangga
- [12] Kerman, Mitchell C. dan Ronald L. Brown. (2000). *Computer Programming Fundamentals with Applications In Visual Basic 6.0*. USA: Addison Wesley Longman, Inc.
- [13] Arief Ramadhan. 2004. *Microsoft Visual Basic 6*. Jakarta: Elex Media Komputindo.