

## Pengujian Sensor Jarak HC-SR04 Pada Percobaan Gerak Lurus Suatu Benda

**Muharmen Suari**

Jurusan Tadris Fisika,  
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN  
Imam Bonjol Padang

**Abstract** –Telah dilakukan pengujian terhadap sensor jarak HC-SR04 untuk penggunaannya pada percobaan gerak lurus suatu benda. Alat uji ini terdiri dari sebuah sensor jarak HC-SR04, arduino nano, tombol on/off dan tombol reset. Dari penelitian diperoleh data karakteristik sensor  $y = 0,0175x + 0,364$  dimana  $x$  adalah durasi waktu yang dibutuhkan gelombang ultrasonik yang dikirimkan sensor sampai diterima kembali oleh sensor dan  $y$  adalah jarak yang diukur dengan menggunakan meteran atau sama dengan hasil pembacaan jarak oleh sensor. Selanjutnya hasil pengujian jarak pembacaan jarak oleh sensor diperoleh  $y = 0,6969x + 7,8255$  dimana  $x$  adalah jarak yang diukur dengan meteran dan  $y$  adalah jarak yang dibaca oleh sensor. Pada pengujian diperoleh kesalahan deteksi sensor sebesar 17,57% dan pengaruh perpindahan posisi benda terhadap hasil pembacaan jarak oleh sensor sebesar 81,4%. Pencacah waktu pada alat bekerja dengan baik dengan kesalahan rata-rata sebesar 0,185. Sensor HC-SR04 dapat digunakan pada percobaan gerak lurus baik gerak lurus beraturan maupun gerak lurus berubah beraturan sampai sekitar 2 detik pertama pembacaan posisi benda oleh sensor. Sensor HC-SR04 membutuhkan waktu sekitar 1 detik untuk dapat kembali membaca posisi benda dengan benar.

**Kata Kunci:** Sensor jarak HC-SR04, arduino, Gerak lurus beraturan, gerak lurus berubah beraturan

### PENDAHULUAN

Dalam belajar fisika dibutuhkan teori dan praktikum yang baik agar siswa dapat dengan mudah memahami pelajaran yang disampaikan. Tetapi dalam menyampaikan materi fisika di sekolah, terdapat hambatan yaitu banyak teori yang disampaikan membuat siswa kurang paham dengan pelajaran tersebut. Berdasarkan permasalahan tersebut dibutuhkan sebuah inovasi agar siswa tertarik belajar ilmu fisika. Salah satu upaya yang bisa dikembangkan adalah inovasi pada alat praktikum fisika. Pemanfaatan dari pengembangan alat praktikum ini adalah siswa dapat tertarik dalam memahami materi fisika dan mendapatkan hasil pengukuran yang baik (Deesera, 2017).

Gerak lurus merupakan salah satu materi pelajaran fisika. Gerak lurus merupakan gerak suatu benda pada lintasan berbentuk garis lurus. Gerak lurus dibedakan menjadi gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan. gerak

lurus beraturan adalah gerak suatu benda pada lintasan lurus dengan kecepatan yang tetap setiap waktu sedangkan gerak lurus berubah beraturan adalah gerak suatu benda pada lintasan lurus yang kecepatannya berubah setiap waktu dengan nilai percepatan yang tetap. penentuan kecepatan dan percepatan suatu benda dihitung berdasarkan jarak dan perpindahan dari suatu benda dalam setiap waktunya. Dalam kegiatan praktikum untuk pengukuran jarak masih dilakukan secara manual dengan pengukuran jarak benda secara manual menggunakan pengaris dan pencatatan waktu dengan manual menggunakan stopwatch.

Untuk mendukung kegiatan praktikum dalam pembelajaran fisika diperlukan alat peraga pendidikan. produsen - produsen alat peraga telah banyak menghasilkan berbagai alat peraga untuk keperluan pembelajaran fisika. Alat peraga tersebut telah dibuat dan dirancang dalam sebuah kotak instrumen terpadu (KIT) sehingga memudahkan dalam persiapan, pelaksana-

an dan penyimpanan kembali alat pe-raga. Alat peraga untuk materi gerak dapat menggunakan ticker timer, kereta dinamika dan balok bertingkat yang terdapat dalam kit mekanika dan rel presisi beserta kelengkapannya yang terdapat dalam kit Optik. Alat utama yang paling penting dalam praktikum gerak lurus ini adalah penggunaan ticker timer. Penggunaan ticker timer dapat mengurangi penggunaan stopwatch dalam pencatatan waktu pada praktikum gerak sehingga mengurangi kesalahan dalam pencatatan waktu. Ticker timer atau pewaktu ketik adalah suatu alat yang dilengkapi pemukul getar dan dapat menghasilkan ketukan pada suatu pita dengan frekwensi yang tetap (50 Hz) sehingga meninggalkan jejak 50 ketukan pada pita setiap detiknya. Ticker timer dapat digunakan untuk mengamati karakteristik gerak suatu benda serta dapat digunakan untuk menyelidiki hubungan jarak dan perpindahan serta kecepatan dengan waktu tempuh suatu benda berdasarkan pola ketukan yang terdapat pada pitanya. Untuk kelancaran praktikum menggunakan ticker timer guru perlu menekankan tentang cara penyetingan, cara penggunaan dan cara pembacaan hasil pola ticker timer pada pita kepada siswa sebelum pelaksanaan praktikum.

Laboratorium IPA di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Imam Bonjol Padang dalam kegiatan prakteknya telah dilengkapi KIT (Kontak Intrumen terpadu ) materi materi Fisika yang ada di SMP/MTs dan SMA/Mayang meliputi KIT Mekanika SMP, Mekanika SMA, KIT Optik SMP dan Optik SMA, KIT Panas dan Hidrostatika SMP, KIT Listrik dan Magnet SMP, Listrik dan Magnet SMA dan KIT gelombang SMA. Pada praktikum gerak lurus menggunakan kit Mekanika pada laboratorium IPA tersebut ditemukan kendala dan permasalahan dalam penggunaan ticker timer seperti ketukan pada tiker timer tidak lancar dan sering tersendat sendat dalam mengetuk pitanya. hal ini menyebabkan praktikum dilakukan secara berulang sehingga tidak efektif

dalam pelaksanaan praktikum dan penggunaan pitaticker timer. Akibat kurang lancarnya ketukan ticker timer membuat percobaan untuk praktikum gerak susah dan sulit untuk dilaksanakan. Untuk itu diperlukan suatu alat yang dapat mengganti penggunaan ticker timer dan mengatasi persoalan yang sering ditemukan sehingga percobaan dalam melakukan praktikum tentang gerak dapat berjalan optimal dan efektif.

perkembangan teknologi digital belakangan ini terutama penemuan berbagai jenis sensor dan penggunaan sistem mikrokontroler di bidang elektronika dapat membantu dalam memecahkan persoalan yang terkait dengan penggunaan ticker timer diatas. Ada beberapa sensor yang dapat digunakan dalam mengurangi penggunaan ticker timer ini seperti sensor cahaya dan sensor jarak. Sensor cahaya dapat digunakan praktikum gerak dengan menempatkan beberapa sensor cahaya dalam suatu lintasan pada jarak jarak tertentu dan kemudian mengukur waktu tempuh benda melalui setiap sensor cahaya tersebut. Perbandingan jarak antar sensor dan waktu benda melewati sensor maka akan dapat dicari besar kecepatannya. penggunaan sensor cahaya 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 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 midang miring untuk mendeteksi pergerakan troli yang data nya diolah dan ditampilkan ke LCD menggunakan mikrokontroler (Kurniawan, 2015). Vionanda Sheila Deesera, telah merancang alat ukur GLBB pada bidang miring menggunakan 6 potodioda yang disusun pada bidang miring dan diproses kecepatan

dan percepatannya dengan menggunakan arduino, kemudian data dari arduino ini dikirim dan diproses menggunakan PC (Deesera, 2017). Pengukuran jarak pada tiap sensor cahaya ini masih diukur menggunakan meteran sehingga perlu dipertimbangkan penggunaan sensor jarak dalam percobaan fisika pada praktikum mekanika gerak ini.

Hasil penelusuran literatur di internet tentang pemanfaatan sensor jarak dalam praktikum mekanika terutama tentang gerak belum begitu terekspos. Padahal melalui pengukuran jarak secara otomatis menggunakan sensor tentu akan lebih mengurangi kesalahan pengukuran jarak yang kurang teliti. Apalagi jika digabung dengan penambahan fungsi pencatatan waktu secara otomatis menggunakan sistem mikrokontroler tentu akan lebih mengefisienkan pelaksanaan praktikum. Dengan pengukuran jarak secara otomatis dan pencatatan waktu secara otomatis dengan penggunaan mikrokontroler akan sangat membantu sehingga dengan demikian kita dapat mencatat perubahan jarak setiap waktu dan mengolah hasil pengukuran tersebut. Dengan pertimbangan ini penulis tertarik mencoba penggunaan sensor jarak dalam percobaan gerak lurus dengan menggunakan arduino nano sebagai pengolahnya. Sensor jarak yang digunakan adalah jenis sensor ultrasonik yaitu jenis HC-SR04.

Sensor ultrasound merupakan sensor yang dapat digunakan untuk menentukan jarak sebuah tempat dengan suatu objek di tempat lain. Sensor ini menggunakan sinyal ultrasound untuk mendeteksi adanya objek didepan sensor. Sensor 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 445 m/detik. Dengan mengetahui waktu tempuh tersebut akan dapat diketahui jarak antara objek dengan sensor (Budiarso, 2015).

Arduino dikatakan sebagai sebuah platform dari physical computing yang bersifat open source baik untuk hardware maupun software-nya. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih. Arduino berevolusi menjadi sebuah platform karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi. Saat ini ada bermacam-macam bentuk papan Arduino yang disesuaikan dengan peruntukannya salah satunya adalah arduino nano (Djuandi, 2011).

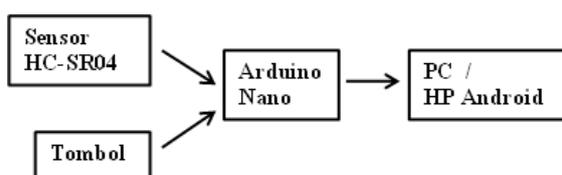
Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji penggunaan sensor jarak HC-SR04 pada praktikum gerak suatu benda baik pada gerak lurus beraturan maupun gerak lurus berubah beraturan. Melalui penelitian ini diharapkan mampu dirancang sebuah alat pengukur jarak dan waktu pada kegiatan praktikum sehingga pelaksanaan kegiatan praktikum lebih mudah dan cepat mendapatkan data pengukuran dan menghemat waktu dalam pengolahan data nya nanti. Pada pengujian sensor hc-SR04 ini pembacaan data jarak oleh sensor beserta pengukuran waktu oleh arduino nanti akan ditampilkan pada serial monitor. Penggunaan serial monitor sebagai penampil sangat menguntungkan karena data yang ditampilkan pada serial monitor dapat dengan mudah disalin dan dipindahkan ke program microsoft excel untuk dapat dilakukan pengolahan lebih lanjut. pemilihan serial monitor sebagai penampil juga didasari karena sudah banyak pengembang yang membuat aplikasi serial monitor untuk android sehingga nantinya penggunaan sensor jarak ini tidak harus menggunakan pc sebagai penampil tapi juga dapat menggunakan

smartphone android sebagai penampil data pengukuran. Dengan demikian nanti diharapkan alat yang dibuat akan lebih kompak dan mudah dibawa bawa dan dipergunakan dalam pelaksanaan percobaan gerak lurus kapan pun dan dimanapun.

## METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah metode penelitian pengembangan atau reseach and development (R&D) pada tahap perancangan produk dan pengujian produk agar dapat diimplementasikan. Tahap awal yang yang dilakukan ada membuat rancangan produk yang akan diuji kemudian setelah alat selesai dibuat maka dilakukan tahap pengujian terhadap alat yang dibuat. Pengujian dilakukan di Laboratorium IPA Jurusan Tadris IPA Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Imam Bonjol Padang menggunakan bagian dari kit IPA mekanika dan KIT IPA Optik.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian penggunaan sensor HC-SR04 dalam praktikum gerak lurus, untuk itu perlu dibuat terlebih dahulu diagram blok rancangan alat yang akan dilakukan pengujian. Gambar 1 menyajikan diagram blok rancangan alat yang akan diuji.



Gambar 1. Rancangan sistem

Pada perancangan ini dibutuhkan sensor HC-SR04 yang berfungsi untuk membaca perubahan kedudukan benda terhadap sensor setiap saat. Arduino digunakan untuk mengolah hasil pembacaan jarak oleh sensor, memberikan jeda waktu pembacaan sensor, dan mengirimkan data ke PC atau HP android melalui serial monitor. Dalam perancangan ini digunakan dua buah tombol yaitu tombol reset yang berguna untuk mereset arduino jika

sewaktu waktu program arduino mengalami “hang”, tombol on/off yang berguna untuk melakukan pengaturan kapan pembacaan sensor dimulai dan diakhiri. PC/HP Android yang berguna untuk melihat hasil pembacaan data. Pada penelitian ini arduino nano dipilih karena ukurannya kecil dan murah sehingga didapatkan alat pengujian yang kecil dan mudah dalam membawanya.

Setelah merancang diagram blok alat yang akan diuji, langkah selanjutnya adalah membuat rangkaian alat yang akan diuji tersebut. Rangkaian alat yang akan diuji tersebut dibuat dengan menghubungkan sensor HC-SR04 dan tombol tombol yang dibutuhkan ke arduino nano secara langsung menggunakan beberapa buah kabel jumper. Sensor HC-SR04 memiliki 4 pin keluaran yaitu Vcc, Trig, Echo dan Gnd (Freaks,E.(2016). Vcc dihubungkan ke pin 5V arduino nano, pin trig dihubungkan ke pin d4 arduino, pin echo dihubungkan ke pin d3 arduino nano dan Gnd dihubungkan ke pin Ground arduino. Tombol reset dihubungkan ke pin RST dan Ground arduino nano sedangkan tombol on/off dihubungkan ke pin d2 dan ground pada arduino nano.

Perangkat lunak yang digunakan dalam perancangan ini adalah Arduino Software (IDE). IDE merupakan singkatan dari *Integrated Development Enviroenment* atau lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Melalui software inilah arduino dilakukan pemrograman agar dapat melaksanakan fungsi fungsi yang dibenamkan melalui syntax pemrograman (sinauarduino.com). IDE ini juga dilengkapi tool serial monitor untuk melihat hasil tampilan data yang dikirim arduino secara serial. Dalam perancangan ini digunakan Software IDE arduino 1.6.12 seperti terlihat pada gambar 2 dan tampilan tool serial monitor nya ada pada gambar 3.

```

bacaSR04 | Arduino 1.6.12
File Edit Sketch Tools Help
bacaSR04
#define trigPin 4
#define echoPin 3
#define toml 2
unsigned long tadi,kini;
unsigned long kiniko = 0;
long durasi,jarak;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  pinMode(toml, INPUT_PULLUP);
  Serial.println("Durasi jarak waktu");
  //tadi=millis();
}
void loop() {
  tadi=millis();
  while(digitalRead(toml) == LOW)
  {
    //
  }
  }
  
```

Gambar 2. IDE software arduino 1.6.12

```

COM21
Durasi jarak waktu
377 6,6 0,000
422 7,4 0,100
422 7,4 0,200
407 7,1 0,300
410 7,2 0,400
434 7,6 0,500
434 7,6 0,600
434 7,6 0,700
455 8,0 0,800
528 8,3 0,900
455 8,0 1,000
401 7,0 1,100
Autoscroll
Newline
9600 baud
  
```

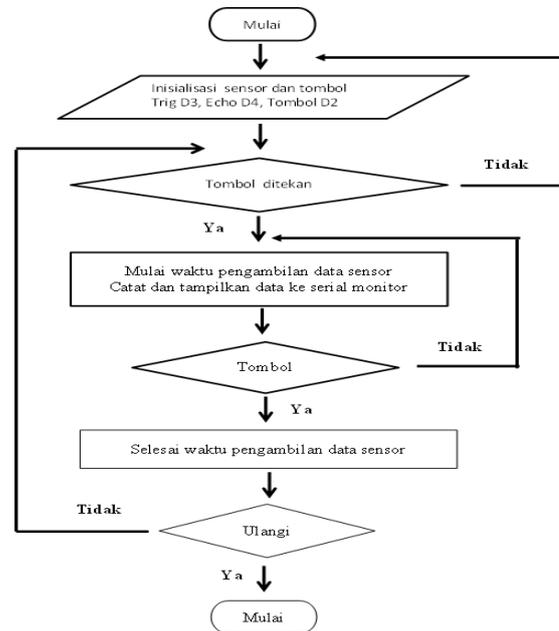
Gambar 3 Tool Serial monitor arduino

Hasil pembacaan serial monitor tersebut juga dapat ditampilkan ke hp android dengan terlebih dahulu menginstall aplikasi serial monitor pada hp android tersebut. Ada banyak aplikasi serial monitor yang tersedia untuk android di playstore baik yang gratis maupun yang berbayar. Salah satu software serial monitor yang dapat digunakan adalah USB Serial Console.

Cara kerja alat yang dirancang ini adalah ketika tombol on/off ditekan pertama kali maka arduino mengaktifkan pembacaan waktu dan akan membaca setiap perubahan kedudukan benda yang didepan sensor setiap 0,1 detik dan ditampilkan diseriap monitor. Ketika tombol on/off ditekn kembali maka arduino akan menghentikan pembacaan waktu dan sensor serta menghentikan pengiriman data ke serial monitor. Kita dapat memantau hasil pengukuran jarak itu melalui pc/ hp android yang telah terinstall aplikasi serial monitor setiap saat. Data hasil pengukuran itu dapat disimpan dan diolah menggunakan program pengolah data seperti microsoft excel.

Cara kerja alat tersebut kemudian dibuatkan flowchartnya seperti pada gambar 4. Tujuan nya untuk memudahkan

dalam melakukan pemograman pada arduino dan agar program dapat berjalan seperti yang diharapkan.



Gambar 4 flowchart rancangan alat.

Arduino nano selanjutnya ditanamkan pemograman sesuai dengan flowchart yang telah dibuat dengan menggunakan software arduino. Pemograman pada arduino nano dilakukan secara bertahap sesuai dengan tahap pengujian yang akan dilakukan. Adapun tahap tahap pengujian yang akan dilakukan adalah Pengujian karakteristik sensor jarak, pengujian sensor jarak setelah dikalibrasi terhadap pembacaan jaraknya, pengujian timer pada arduino, pengujian alat pada percobaan gerak lurus.

Langkah langkah pengujian Sensor jarak HC-SR04 pada perancangan alat peraga pada praktikum gerak adalah sebagai berikut :

1. Pengujian karakteristik sensor HC-SR04 dilakukan dengan langkah langkah berikut :
  - a. Arduino diprogram untuk menampilkan durasi waktu sejak gelombang suara dikirim sampai diterima oleh sensor di serial monitor.
  - b. Dilakukan pengambilan data 10 kali pembacaan durasi waktu

setiap perubahan jarak 3 cm .  
dan diambil rata ratanya.

- c. Datadurasi waktu tersebut kemudia diolah menggunakan program microsoft excel untuk mendapatkan persamaan linear-nya dan tingkat kelinierannya.
  - d. Persamaan linear itu selanjutnya dimasukkan kedalam program untuk mendapatkan nilai pembacaan jaraknya.
2. Pengujian pembacaan jarak oleh sensor HC-SR04
    - a. Arduino diprogram dengan menggunakan persmaan linear yang telah diperoleh pada langkah sebelumnya dan menampilkan data jarak dalam cm di serial monitor
    - b. Dilakukan pengambilan data jarak yang terbaca sensor untuk setiap perubahan jarak setiap 1 cm
    - c. Data selanjutnya diolah menggunakan microsoft excel untuk melihat tingkat kelinearan data pembacaan sensor.
  3. Pengujian pencacah waktu pada alat rancangan
    - a. Arduino diprogram secara lengkap menampilkan di serial monitor waktu dan jarak dari pembacaan sensor
    - b. Dilakukan perbandingan lamanya pengukuran jarak dilakukan sensor terhadap waktu yang dibaca oleh stopwatch.
    - c. Dihitung selisih pembacaan sensor dan dicari ralat hasil perbedaan pembacaan waktunya kemudian dianalisa.
  4. Pengujian alat pada percobaan gerak lurus
    - a. Tahap persiapan  
Disiapkan rel presisi 3 buah (total pajangnya 150cm), 2 buah penyambung rel, 2 buah kaki rel, 2 buah tumpukan berpenjepit, 1 kereta dinamika bermotor, 2 baterai

AAA, kereta dinamika tanpa motor, balok bertingkat dan alat rancangan yang akan diuji seperti terlihat pada gambar 5 berikut.



Gambar 5. Peralatan yang diperlukan dalam pengujian

- b. Perakitan peralatan pengujian
    1. Ketiga buah rel presisi disambungkan satu sama lainnya dengan menggunakan kaki rel dan penyambung rel
    2. Tumpukan berpenjepit diletakkan diujung ujung sambungan ketiga rel tersebut
    3. Kereta dinamika bermotor dipasangnkan baterai kedalamnya
    4. Alat yang dirancang dihubungkan ke pc / laptop / notebook menggunakan kabel data usb
    5. Software arduino dijalankan lalu tool serial monitor pada software ditampilkan
    6. Letakkan alat yang dirancang diatas salah satu tumpukan berpenjepit.
- Langkah 5 dan 6 diatas dapat digantikan dengan menggunakan hp android yang telah diinstall aplikasi serial monitor sebagai penampil data pembacaan sensor dengan menghubungkan alat dengan kabel data usb ke android melalui usb2otg.
- c. Pelaksanaan pengujian pada percobaan gerak lurus beraturan
    1. Tekan saklar pada kereta dinamika bermotor ke kecepatan rendah (kereta dinamika ini memiliki dua kecepatan yaitu

- kecepatan rendah dan kecepatan rendah)
2. Kereta dinamika bermotor diletakkan di atas rel presisi dan dipastikan kereta dinamika dapat berjalan di rel presisi dengan lancar.
  3. Tekan tombol biru pada alat dan lepaskan kereta dinamika maka serial monitor akan menampilkan pembacaan jarak dan waktu jalannya kereta dinamika tersebut
  4. Ketika kereta dinamika telah sampai diujung lintasan, tekan tombol biru sehingga pembacaan jarak dan waktu perpindahan kereta akan berhenti
  5. Tempatkan kursor di tampilan serial monitor kemudian hasil pembacaan sensor di-salin dari serial monitor ke program micosoft excel.
  6. Menggunakan microsoft excel data yang telah disalin tadi dapat ditampilkan dalam bentuk grafik perpindahan benda dan waktu perpindahannya
  7. Langkah 1 sampai 6 diulangi sebanyak 3 kali percobaan
  8. Langkah 1 sampai 6 diulangi lagi untuk kereta dinamika dengan kecepatan tinggi sebanyak 3 kali
- d. Pelaksanaan pengujian pada percobaan gerak lurus berubahberaturan
1. Rel presisi diletakkan diatas balok bertingkat pada tingkatan terbawah. ( balok bertingkat ini ada 3 buah tingkatan, tingkatan terba-wah, tingkatan menengah dan tingkatan teratas)
  2. Kereta dinamika tanpa motor diletakkan diatas rel presisi
  3. Tekan tombol biru pada alat dan lepaskan kereta dinamika maka serial monitor akan menampilkan pem-bacaan jarak dan waktu jalannya kereta dinamika tersebut
  4. Ketika kereta dinamika telah sampai diujung lintasan, tekan tombol biru sehingga pembacaan

- jarak dan waktu perpindahan kereta akan berhenti
5. Tempatkan kursor di tampilan serial monitor ke-mudian hasil pembaca-an sensor disalin ke serial mo-nitor ke program mocrosoft excel.
6. Menggunakan microsoft excel data yang disalin tadi dapat ditampilkan dalam bentuk grafik perpindahan benda dengan waktu dan grafik kecepatan dengan waktunya.
7. Langkah 1 sampai 6 diulangi sebanyak 3 kali percobaan untuk tingkatan balok ber tingkat yang sama
8. Rel presisi diletakkan diatas tingkatan menengah balok bertingkat kemudian dilaku-kan kembali langkah 2 sampai dengan 7 diatas.
9. Rel presisi diletakkan diatas tingkatan teratas balok bertingkat kemudian dilaku-kan kembali langkah 2 sampai dengan 7 diatas.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dibuat alat yang digunakan untuk mengujipengunaan sensor jarak hc-sr04 pada praktikum gerak lurus. Rancangan alat ini dibuat dengan menempatkan komponen komponen elektronika yang dibutuhkan (Sensor hc-sr04, tombol tombol dan arduino nano) dalam sebuah box berukuran 7,5 cm x 5 cm x 2,5 cm. Penempatan sensor, tombol dan arduino pada perancangan ini dapat dilihat pada gambar 6yang menampilkan bagian dalam alat uji yang dirancang. Sedangkan bentuk alat uji yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 7 dibawah.



Gambar 6 bagian dalam alat uji

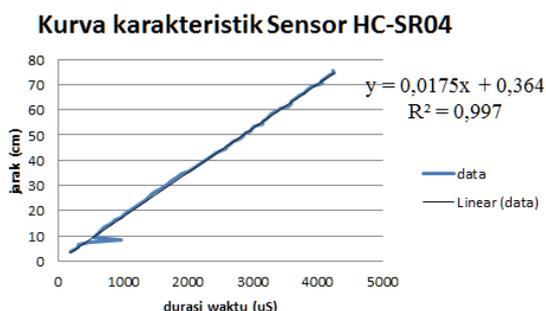


Gambar 7 Bentuk Rancangan Alat

Setelah rancangan alat selesai dibuat maka dilanjutkan dengan melakukan pengujian terhadap alat tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk melihat bagaimana karakteristik sensor pada alat tersebut untuk mendeteksi perpindahan kedudukan suatu benda setiap waktu dan bagaimana hasil yang didapatkan ketika alat tersebut diterapkan dalam percobaan tentang gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan.

1. Hasil Pengujian karakteristik sensor HC-SR04

Pengujian ini bertujuan untuk melihat bagaimana karakteristik sensor HC-SR04 dalam mendeteksi perpindahan suatu benda yang terdapat didepannya. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan durasi waktu, sejak gelombang ultrasonik di pancarkan sensor dan diterima oleh sensor, dengan pengukuran jarak menggunakan meteran. Durasi waktu pembacaan sensor sebagai sumbu x dan pengukuran jarak dengan meteran sebagai sumbu y. Hasil pengujian karakteristik sensor ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan jarak yang diukur menggunakan meteran dalam satuan cm terhadap durasi waktu pembacaan oleh sensor dalam satuan us.



Gambar 8 kurva karakteristik sensor

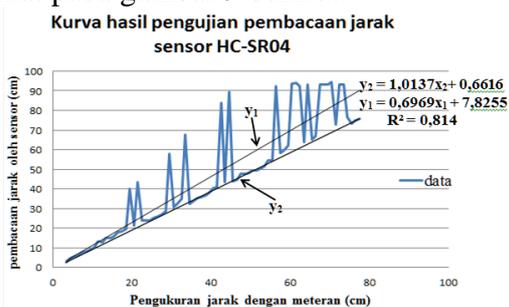
Dari kurva karakteristik sensor terlihat bahwa durasi waktu yang dibaca oleh sensor sebanding dengan jarak yang diukur oleh meteran. hal ini menunjukkan adanya pengaruh durasi waktu yang dibaca oleh sensor dengan perubahan jarak atau posisi benda terhadap sensor. Besar tingkat kelinieran pembacaan sensor diberikan oleh persamaan  $y = 0,0175 x + 0,364$ . Dari persamaan tersebut terlihat bahwa besar kemiringan garisnya sebesar 0,0175 dan dengan offset sebesar 0,364. Ini artinya setiap perubahan 1 us durasi waktu maka sensor akan mendeteksi perubahan benda didepannya sebesar 0,0175 cm dan saat durasi waktu nya nol dibaca oleh sensor maka sensor akan mendeteksi jarak didepannya sebesar 0,364 cm. Peramaan karakteristik ini hanya berlakumulai dari posisi benda berada pada jarak 3 cm didepan sensor. Hal ini karena sensor HC-SR04 hanya dapat mendeteksi benda yang berada didepannya mulai dari jarak 3cm sampai 400 cm. Jka benda berada dibawah 3 cm maka sensor membaca durasi waktu yang sangat besar sekali sampai 136000 us dan mulai 3cm membaca durasi waktu sebesar 170us.

Tingkat ketergantungan pembacaan jarak benda oleh sensor terhadap durasi waktu pengiriman dan penerimaan gelombang oleh sensor diberikan oleh nilai R kuadrat yaitu 0,997 atau 99,7%. Artinya 99,7% hasil pembacaan jarak oleh sensor dipengaruhi oleh durasi waktu yang dibaca oleh sensor sedangkan sisanya 0,3% lagi dipengaruhi faktor lainnya.Salah satu faktor itu adalah pada sensor itu sendiri, yang mana dari kurva karakteristik terlihat ada error pembacaan oleh sensor yaitu adanya data yang cukup jauh menyimpang dari pembacaan sebelum dan sesudahnya. Dari tabel pengamatan itu terdapat pada pada jarak 8,5 cm durasi waktu yang dibaca sensor adalah 962 us padahal pada jarak 7,5 cm sensor menampilkan data durasi waktunya 477 us dan pada jarak 9,5 cm sensor menampilkan durasi waktu sebesar 553 us.

Secara teori kecepatan gelombang suara adalah sebesar 344 m/s atau sama dengan 0,034 cm/us. Ini artinya gelombang suara yang dipancarkan sensor sampai diterima kembali oleh sensor memiliki kecepatan 0,0344 cm/us dan telah menempuh jarak dua kali jarak benda didepannya. Maka secara teori nilai pembacaan jaraknya adalah  $2s = 0,0344t$  atau  $s = 0,0172t$  dimana s merupakan jarak benda didepan sensor dalam satuan cm dan t adalah durasi waktu yang dibutuhkan gelombang suara sejak dipancarkan sampai diterima sensor dalam satuan mikro detik. Hal ini berarti kemiringan kurva karakteristik sensor HC-SR04 secara teori adalah sebesar 0,0172 dan tidak terlalu jauh berbeda dengan hasil pengujian yang telah diperoleh yaitu 0,0175. Ini berarti hasil karakteristik sensor HC-SR04 yang didapatkan sesuai dengan teori.

2. Hasil pengujian pembacaan jarak oleh sensor HC-SR04

Persamaan karakteristik sensor yang didapatkan pada pengujian sebelumnya selanjutnya ditanamkan kedalam arduino menggunakan software arduino ini selanjutnya ditanamkan kedalam arduino sehingga arduino dapat menampilkan hasil pembacaan jarak oleh sensor dalam satuan cm. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan data jarak yang dibaca sensor dengan jarak yang diukur menggunakan meteran. Hasil pengukuran selanjutnya ditampilkan dalam sebuah kurva yang menampilkan sebuah grafik tingkat kelinieran hasil pembacaan jarak sensor terhadap hasil pengukuran jarak oleh meteran. Grafik pengujian tersebut dapat dilihat pada gambar 9 berikut.



Gambar 9. Hasil pengujian jarak sensor

Pengujian ini bertujuan untuk melihat bagaimana hasil pembacaan sensor jarak HC-SR04 dibandingkan dengan pengukuran jarak menggunakan meteran setelah arduino diprogram untuk mengolah hasil pembacaan jarak berdasarkan hasil pengujian karakteristik sensor sebelumnya. Berdasarkan grafik diperoleh tingkat kelinieran pembacaan sensor terhadap pengukuran jarak dengan menggunakan meteran adalah  $y1=0,6969x_1 + 7,8255$ . Artinya setiap perubahan kedudukan benda sebesar 1 cm maka sensor membaca perubahan itu sebesar 0,6969 cm (dibulatkan 0,7 cm). Ada selisih pembacaan sebesar 0,3 cm yang disebabkan kesalahan sensor dalam mendeteksi posisi benda. Dari grafik ada 13 titik sensor salah mendeteksi ditunjukkan oleh puncak-puncak titik yang terdapat didalam grafik. Pada pengujian ini ada 74 titik data pengukuran mulai dari 3 cm sampai 76 cm dengan variasi sebesar 1 cm. Ini berarti kesalahan deteksi sensor sebesar 17,57%. Sebaliknya 82,43% hasil deteksi sensor memiliki tingkat keakuratan yang tinggi dimana saat ditarik garis dari data pertama ke data terakhir (garis y2) sebagian besar sebaran titik titik data 82,43% itu berada pada garis y2 tersebut. Untuk meminimalisir kesalahan 17,57% itu dapat dilakukan dengan melakukan pengukuran berulang untuk setiap pengambilan sampel data. Namun pada percobaan gerak lurus pengukuran berulang ini tidak dapat dilakukan karena sensor bertugas untuk membaca perubahan posisi benda dalam setiap perubahan waktunya. Oleh sebab itu penggunaan sensor ini dalam percobaan gerak lurus nantinya kesalahan deteksi sensor dapat dihilangkan dari data percobaan saat melakukan pengolahan data untuk membuat grafik hubungan perpindahan benda terhadap waktu.. Ketergantungan hasil deteksi sensor terhadap posisi benda (jarak yang diukur dengan meteran) diberikan oleh nilai  $R^2 = 0,814$ . Artinya 81,4% pembacaan sensor tergantung terhadap perubahan posisi

bendadidepannya dan 18,6% sisanya tergantung pada faktor lain seperti pengaruh lingkungan ( suhu, kelembaban cuaca dan lainnya) serta kesalahan internal dari sensor itu sendiri ( kesalahan deteksi oleh sensor).

### 3. Hasil Pengujian pencacahan waktu pada alat rancangan

Pengujian ini bertujuan untuk melihat bagaimana tingkat keakuratan pencacahan waktu pada alat yang telah dibuat ini. Pencacah waktu pada alat rancangan ini dibuat menggunakan fungsi millis() yang terdapat dalam software arduino. Fungsi millis () dapat digunakan untuk memberikan waktu tunda saat pembacaan data suatu sensor. Selain itu pengujian ini juga melihat apakah ada pengaruh pencacahan waktu oleh arduino saat data ditampilkan di pc melalui serial monitor dan saat data ditampilkan di android melalui aplikasi USB serial console.

Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan Hasil pewaktuan yang dicatat oleh alat dengan stopwatch yang terdapat pada hp samsung model GT-E1080F. Pengujian dilakukan untuk waktu sekitar 10 detik, 20 detik, 30 detik dan 40 detik yang dilakukan untuk 5 kali pengulangan. Pengujian pencacah waktu pada alat rancangan dilakukan untuk dua jenis penampil data data yaitu (1) untuk penampil data menggunakan serial monitor pada PC dan (2) untuk penampil data pada android dengan menggunakan aplikasi serial monitor. Hasil pengujian pencacah waktu alat dapat dilihat pada tabel 1 (untuk tampilan data pada pc) dan tabel 2 (untuk tampilan data pada android).

percobaan ke	Perbandingan hasil pengukuran waktu			error	error rata rata
	waktu	tampilan waktu di serial monitor pc	stopwatch samsung		
1	10 detik	10,4	10,17	0,23	0,168
2		10,2	10,03	0,17	
3		10,4	10,3	0,1	
4		10,4	10,26	0,14	
5		10,5	10,3	0,2	
1	20 detik	20,3	20,16	0,14	0,18
2		20,3	20,11	0,19	
3		20,6	20,38	0,22	
4		20,3	20,16	0,14	
5		20,5	20,29	0,21	
1	30 detik	30,4	30,19	0,21	0,192
2		30,5	30,28	0,22	
3		30,4	30,15	0,25	
4		30,3	30,19	0,11	
5		30,5	30,33	0,17	
1	40 detik	40,5	40,27	0,23	0,196
2		40,3	40,18	0,12	
3		40,4	40,18	0,22	
4		40,5	40,27	0,23	
5		40,5	40,32	0,18	

Tabel 1 Hasil pengujian pencacah waktu alat saat data ditampilkan ke pc.

Dari tabel diatas terlihat ada selisih pembacaan antara pencacah waktu pada alat dengan pembacaan stopwatch di hp. Untuk alat yang datanya ditampilkan di serial monitor pc besarnya selisih pembacaan waktunya dibandingkan dengan stopwatch adalah rata-rata 0,168 detik untuk 10 detik, 0,18 untuk 20detik, 0,192 untuk 30 detik dan 0,196 untuk 40 detik dengan selisih rata rata secara kelseluruhan adalah 0,184 detik.

percobaan ke	Perbandingan hasil pengukuran waktu			error	rata rata error
	waktu	tampilan waktu di serial android	stopwatch samsung		
1	10 detik	10,4	10,21	0,19	0,2
2		10,5	10,26	0,24	
3		10,5	10,3	0,2	
4		10,4	10,17	0,23	
5		10,4	10,26	0,14	
1	20 detik	20,4	20,2	0,2	0,212
2		20,5	20,25	0,25	
3		20,5	20,29	0,21	
4		20,3	20,11	0,19	
5		20,5	20,29	0,21	
1	30 detik	30,6	30,42	0,18	0,164
2		30,3	30,15	0,15	
3		30,4	30,24	0,16	
4		30,4	30,24	0,16	
5		30,5	30,33	0,17	
1	40 detik	40,3	40,14	0,16	0,164
2		40,5	40,27	0,23	
3		40,5	40,32	0,18	
4		40,3	40,14	0,16	
5		40,5	40,41	0,09	

Tabel 2 Hasil pengujian pencacah waktu alat saat data ditampilkan pada android.

Selisih pencacah waktu pada alat saat ditampilkan ke android dengan aplikasi usb serial console terhadap pembacaan stopwatch berdasarkan tabel 3 diatas

adalah 0,2 untuk 10 detik, 0,212 untuk 20 detik, 0,164 untuk 30 detik dan 40 detik dengan rata rata secara keseluruhan adalah sebesar 0,185 detik.

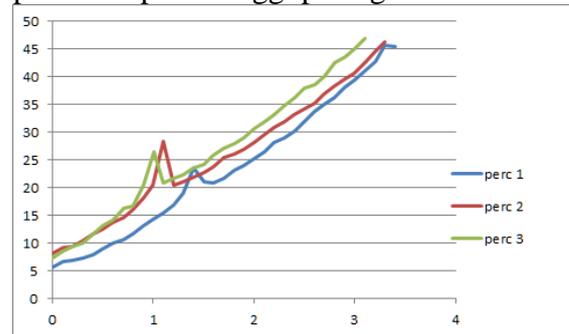
Perbedaan pembacaan pencacah waktu pada alat ini salah satunya dapat disebabkan oleh kecepatan tangan dalam menekan tombol stopwatch hp dan tombol on/off pada alat. Pada pengujian ini tombol hp ditekan dengan tangan kiri dan tombol onoff alat ditekan dengan tangan kanan. Perbedaan kecepatan penekanan ke dua tangan ini dapat menyebabkan selisih pembacaan tersebut. Hal lain yang dapat menyebabkan perbedaan pembacaan waktu adalah pada penggunaan fungsi millis() itu sendiri. Setiap siklus program pada arduino berjalan setiap lus sehingga akumulasi beberapa baris program akan menyebabkan kesalahan pembacaan waktu beberapa mikro detik. Untuk baris program yang sedikit maka kesalahan ini cukup kecil dan dapat ditolerir. Untuk program yang membutuhkan ketelitian yang cukup tinggi untuk pembacaan waktu dan memiliki baris program cukup banyak maka kesalahan ini tidak dapat ditolerir dan solusinya dapat menggunakan interupsi timer dalam pencatatan waktunya.

4. Hasil pengujian rancangan alat pada percobaan gerak lurus beraturan

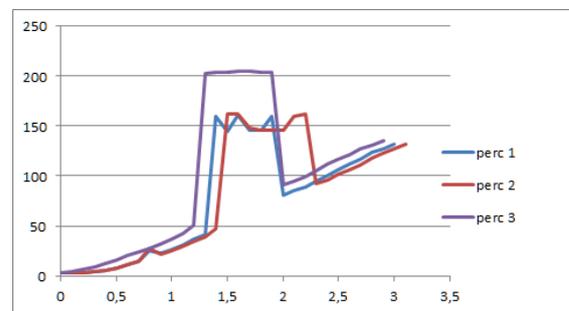
Pengujian ini bertujuan untuk melihat bagaimana grafik hubungan perpindahan benda dengan waktu perpindahannya dan nilai persamaan geraknya pada gerak lurus beraturan (GLB) menggunakan sensor jarak HC-SR04. Pengujian ini dilakukan dengan dua percobaan yaitu pada kecepatan yang rendah dan pada kecepatan yang tinggi sesuai dengan pengaturan kecepatan yang terdapat pada kereta dinamika bermotor.

Pada percobaan GLB dengan kecepatan kereta dinamika rendah dan kereta dinamika tinggi masing masing dilakukan 3 kali pengambilan data percobaan dan kemudian digambarkan grafik hubungan antara perpindahan benda dengan waktu yang ditempuh. Grafik pengujian alat pada

percobaan GLB dengan kecepatan rendah ditampilkan pada gambar 10 sedangkan pada kecepatan tinggi pada gambar 11.



Gambar 10. Grafik GLB dengan kecepatan kereta dinamika rendah



Gambar 11 Grafik GLB dengan kecepatan kereta dinamika tinggi

Pada grafik grafik gambar 10 tersebut terlihat bahwa perubahan kedudukan benda setiap waktu itu hampir konstan. Hal ini dapat dilihat dari kemiringn garisnya yang linear dan sebaran titik datanya berada pada sekitar garis tersebut. Namun pada grafik terlihat ada titik data yang cukup mencolok perbedaannya hal ini karena kesalahan sensor dalam mendeteksi posisi benda dan itu juga terlihat setiap perulangan percobaan. Persamaan garis masing masing percobaan tersebut adalah  
 Percobaan 1  $y = 11,869x + 3,18$   
 Percobaan 2  $y = 10,994x + 7,5539$   
 Percobaan 3  $y = 12,248x + 7,2193$   
 Kemiringan garis pada persamaan tersebut merupakan kecepatan dari gerak kereta dinamika tersebut. Dari hasil pengujian terlihat nilai kecepatannya tidak sama ada sedikit perbedaan. Hal ini bisa terjadi kereta dinamika pada kecepatan lambat itu ketika ditempatkan pada lintasan sering tidak lancar Bergeraknya.

Pada grafik terlihat sensor mendeteksi perubahan kedudukan benda setaiapa waktu

tetap mulai dari pertamakali benda bergerak sampai detik ke 1,3. Mulai detik 1,3 sampai detik ke 1,9 sensor tidak dapat mendeteksi posisi benda dalam selang waktu tersebut. Fenomena itu juga terlihat setiap kali percobaan diulang. Hal ini mungkin dapat dijelaskan bahwa ketika benda yang akan dideteksi oleh sensor berpindah pndah dengan cepat maka sensor perlu memperbaharui hasil pembacaannya dengan cepat pula sehingga sensor membutuh istirahat untuk memulai pembacaan jarak selanjutnya setelah beberapa selang waktu tertentu. Dari pengujian diperoleh sensor dapat bekerja mendeteksi jarak benda pada sekitar 1,3 detik pertama. dan tidak bekerja pada 0,7 detik selanjut dan ssudah itu mulai sensor bekerja mendeteksi posisi benda sampai benda berhenti diujung lintasannya.

Untuk mendapatkan persamaan gerak nya dapat dilakukan dengan mengambil data pada 1,3 detik pertama tersebut. Dari data percobaan diperoleh persamaan gerak lurus benda adalah

Percobaan pertama  $y_1 = 38,155x - 10,424$

Percobaan kedua  $y_2 = 35,522x - 8,1176$

Percobaan tiga  $y_3 = 38,512x - 1,1395$

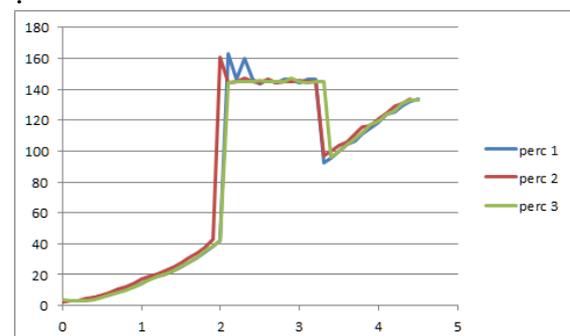
Dengan demikian didapat kecepatan kereta itu adalah 38,15 cm/detik , 35,52 cm/detik dan 38,51 cm/detik .

Kereta dinamika bermotor bergerak sampai diujung lintasan dalam waktu 3,1 detik. Panjang lintasannya yaitu panjang 3 rel presisi (150cm) dikurangi panjang kereta dinamika(10cm) dikurangi lebar tumpukan berpenjepit (2cm) dikurangi lebar alat (5cm) dan dikurangi 3 cm (jarak kereta dari sensor) hasilnya 130 cm. Berarti kecepatan kereta itu bergerak adalah 41,9 cm/detik. Dengan emikian hasil pengujian ini masih dapat diterima karena selisih hasil pembacaan kecepatan nya error nya cukup kecil (sekitar 3-5 cm/detik).

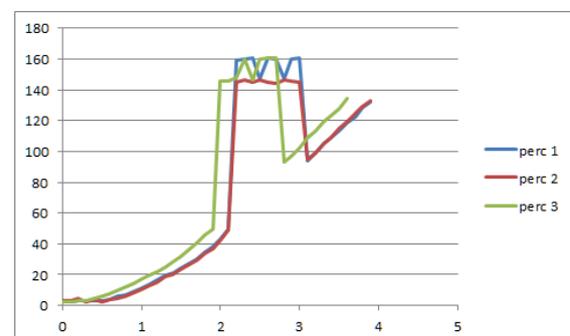
##### 5. Hasil pengujian rancangan alat pada gerak lurus berubah beraturan

Gerak lurus berubah beratiran adalah gerak lurus yang kecepatannya setiap saat

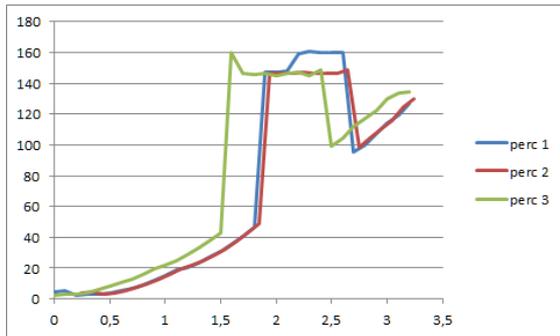
mengalami perubahan dan memiliki percepatan yang tetap. Salah satu contoh gerak lurus bebrubah beraturan adalah gerak benda pada bidang miring. Pada percobaan gerak lurus berubah beraturan dapat dilakukan dengan menempatkan salah satu ujung lintasan benda pada ketinggian yang berbeda. Untuk keperluan ini diperlukan sebuah balok bertingkat yang mempunyai tiga tingkat ketinggian. Pada percobaan gerak lurus berubah beraturan pengujian dilakukan pada tiga percobaan yaitu (1) pada tingkatan terendah balok bertingkat, (2) pada tingkatan menengah balok bertingkat dan pada tingkatan tertinggi balok bertingkat. Masing masing percobaan ini diulang sebanyak 3 kali. Data pengujian selanjutnya ditampilkan kedalam grafik hubungan perpindahan terhadap waktunya seperti disajikan pada gambar 12,13 dan 14 dibawah.



Gambar 12 hasil pengujian GLBB pada tingkat terendah balok bertingkat



Gambar 13 hasil pengujian GLBB pada tingkat menengah balok bertingkat



Gambar 14 hasil pengujian GLBB pada tingkat tetinggi balok bertingkat

Bentuk grafik yang didapatkan pada percobaan GLBB mirip bentuknya dengan hasil yang didapat pada GLB oleh kereta dinamika yang bergerak dengan kecepatan tinggi. Sensor dapat mendeteksi posisi benda dengan baik pada 2 detik pertama benda bergerak pada percobaan GLBB dengan tingkatan terendah dan menengah dan mulai mendeteksi kembali setelah 1 detik kemudian. Untuk gerak benda pada bidang miring dengan ketinggian paling tinggi (pada tingkatan tertinggi balok bertingkat) sensor dapat mendeteksi posisi benda dengan baik pada 1,5 detik awal dan mulai mendeteksi kembali setelah 1 detik kemudian. Berdasarkan hasil pengujian ini berarti sensor membutuhkan untuk istirahat setelah membaca posisi benda setelah bekerja pada beberapa waktu tertentu. Sehingga hanya pada rentang waktu pertama kali sensor dapat mendeteksi posisi benda sajalah kita dapat mengolah hasil persamaan gerakanya. Persamaan gerak benda pada percobaan gerak lurus berubah beraturan diperoleh dengan mengolah data pengujian menggunakan bantuan trendline opsi polinomial orde 2 yang terdapat pada microsoft excel.

Dengan demikian persamaan gerak benda pada bidang miring yang lebih rendah (ujung salah satu rel presisi terletak pada tingkatan bawah balok bertingkat) pada 2 detik pertama sensor mendeteksi posisi benda adalah

$$y = 7,8161x^2 + 5,7404x + 2,3119$$

artinya benda bergerak pada posisi awal 2,3119cm dengan kecepatan awal

5,7404cm/detik dan percepatan 7,8161 cm/detik<sup>2</sup>

Persamaan gerak benda pada percobaan GLBB dengan bidang miring menengah (ujung salah satu rel presisi terletak pada tingkatan tengah balok bertingkat) untuk 2 detik pertama adalah

$$y = 11,361x^2 + 3,6437x + 1,5759$$

artinya benda bergerak pada posisi awal 1,5759 cm dengan kecepatan awal 3,6437cm/detik dan percepatan 11,361 cm/detik<sup>2</sup>

Selanjutnya Persamaan gerak benda pada percobaan GLBB dengan bidang miring paling tinggi (ujung salah satu rel presisi terletak pada tingkatan tertinggi balok bertingkat) untuk 1,5 detik pertama adalah

$$y = 14,748x^2 + 4,837x + 2,1801$$

artinya benda bergerak pada posisi awal 2,180 cm dengan kecepatan awal 4,837 cm/detik dan percepatan 14,748 cm/detik<sup>2</sup>

Berdasarkan hasil pengujian tersebut terlihat bahwa semakin besar kemiringan suatu lintasan maka benda akan bergerak dengan kecepatan yang semakin meningkat setiap waktu. Hasil ini sesuai dengan teori tentang gerak lurus berubah beraturan. dengan demikian maka dapat disimpulkan bahwa sensor jarak HC-SR04 dapat digunakan pada percobaan gerak lurus dalam 1 sampai 2 detik pertama sensor mendeteksi posisi benda.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Dari perancangan alat dan pengujian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Ukuran dimensi alat yang dibuat adalah 7,5 cm x 5 cm x 2,5 cm
2. Hasil karakteristik sensor jarak HC-SR04 adalah  $y = 0,0175x + 0,364$
3. Hasil pengujian pembacaan jarak oleh sensor terhadap pengukuran jarak dengan meteran adalah  $y = 0,6969x + 7,8255$  dengan kesalahan sensor dalam mendeteksi jarak adalah sebesar 17,57%.

4. Pencacah waktu pada alat dapat bekerja dengan baik dan memberikan selisih pembacaan waktu sebesar 0,185 detik dibandingkan dengan stopwatch
5. Sensor jarak HC-SR04 dapat dengan baik mendeteksi perubahan posisi benda pada percobaan gerak lurus untuk 1,5 detik sampai 2 detik pertama pembacaan sensor dan sensor butuh sekitar 1 detik sesudah pembacaan jarak itu dapat mendeteksi kembali.

### Saran

Dalam penelitian ini baru pada tahap perancangan dan pengujian sensor jarak HC-SR04 terhadap penggunaannya pada percobaan gerak lurus suatu benda. Data pembacaan sensor ditampilkan melalui serial monitor dan pengolahan hasil tampilan menggunakan program excel yang ada pada PC. Untuk pengembangan selanjutnya data tersebut dapat dikirimkan secara serial dan ditampilkan secara grafis dengan menggunakan bahasa pemrograman delphi atau visual basic. Dalam pengujian ini digunakan tombol untuk kapan pembacaan sensor dimulai dan diakhiri yang dalam pengembangan selanjutnya dapat digunakan dua buah sensor cahaya yang digunakan saat awal gerak benda dan sensor mulai mencatat jarak dan waktu dan kapan sensor selesai memampikan waktunya.

### REFERENSI

Budiarso, Z., & Prihandono, A. (2015). Implementasi Sensor Ultrasonik Untuk Mengukur Panjang Gelombang Suara Berbasis

Mikrokontroler. *Dinamik- Jurnal Teknologi Informasi*, 20(2).

Deesera, V. S., & Ilhamsyah, D.T. (2017). Rancang Bangun Alat Ukur Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) Pada Bidang Miring Berbasis Arduino. *Jurnal Coding Sistem Komputer Universitas Tanjungpura*, 5(2).

Djuandi, F. (2011). *Pengenalan Arduino*. Penerbit [www.tokobuku.com](http://www.tokobuku.com). Jakarta.

Freaks, E. (2016). Ultrasonic ranging module hc-sr04. HC-SR04 datasheet.

Kurniawan, D. (2015). Perancangan Kit Percobaan Gerak Lurus Berubah Beraturan Pada Bidang Miring. *Inovasi Fisika Indonesia*, 4(3).

Setiorini, I. (2014). Rancang Bangun Smart Timer Sebagai Alat Pengukur Waktu dan Kecepatan untuk Media Pembelajaran Gerak Lurus. *Inovasi Fisika Indonesia*, 3(02).