

DETEKSI KECEPATAN PADA PERCOBAAN TUMBUKAN BERBASIS SENSOR HB100

Ninik Setiyawati¹⁾, Dzulkifli²⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Fisika Universitas Negeri Surabaya, email: niniksetiyawati@mhs.unesa.ac.id

²⁾ Dosen Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: dzulkifli@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan deteksi kecepatan pada percobaan tumbukan berbasis sensor radar HB100 dan menganalisis nilai impuls dan taraf ketelitian alat yang dirancang bila dibandingkan dengan pengukuran oleh photogate timer. Penelitian ini dilakukan dengan merancang suatu deteksi kecepatan pada bidang datar untuk percobaan tumbukan menggunakan bumper. Metode pengujian yang digunakan yaitu dengan mengukur kecepatan yang kemudian dimasukkan ke dalam persamaan impuls. Bumper yang digunakan dalam penelitian ini adalah pegas 3 cm, pegas 1,5 cm, karet, plastisin dan magnet. Peneliti menentukan sensor radar HB100 sebagai pendeteksi kecepatan. Langkah awal dalam penelitian ini yaitu dengan mengkalibrasi sensor radar HB100. Sensor diberi jarak sebesar 40 cm hingga 100 cm dari bumper yang kemudian diketahui nilai kecepatan pada masing-masing jarak. Nilai kecepatan yang didapat dari sensor radar HB100 kemudian dibandingkan dengan nilai kecepatan yang diukur menggunakan photogate timer. Langkah berikutnya yaitu menguji alat dengan melakukan pengukuran pada masing-masing bumper yang telah ditentukan. Hasil percobaan diperoleh nilai kecepatan sebelum tumbukan dan sesudah tumbukan pada bumper pegas 3 cm, pegas 1,5 cm, karet, plastisin dan magnet berturut-turut sebesar $v_1 = 0,69$ m/s dengan akurasi 98,63 % dan $v_2 = 0,32$ m/s dengan akurasi 96,70 %; $v_1 = 0,69$ m/s dengan akurasi 95,46 % dan $v_2 = 0,24$ m/s dengan akurasi 100%; $v_1 = 0,67$ m/s dengan akurasi 98,47% dan $v_2 = 0,13$ m/s dengan akurasi 92,86%; $v_1 = 0,67$ m/s dengan akurasi 98,51% dan $v_2 = 0,0$ m/s; dan $v_1 = 0,68$ m/s dengan akurasi 96,67% dan $v_2 = 0,0$ m/s. Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan deteksi kecepatan memiliki keakurasian sebesar 97,78 %.

Kata Kunci: Kecepatan, deteksi kecepatan, bumper, HB100.

Abstract

This study aims to produce speed detection in HB100 radar sensor based on collision experiments and analyze the value of impulses and the level of precision tools designed when in comparison with measurements by photogate timer. This research is to design a speed detection for collision experiments using the bumper. The method used is by measuring the velocity which is then incorporated into the impulse equation. The bumpers used in this study were 3 cm springs, 1.5 cm springs, rubber, plasticine and magnets. The researcher determined the HB100 radar sensor as a speed detector. The initial step in this research is to calibrate the HB100 radar sensor. The sensor is given a distance of 40 cm to 100 cm from the bumper, then the velocity value is known at each distance. The speed value obtained from the HB100 radar sensor is then compared with the value of the speed measured using the photogate timer. The next step is to test the tool by making measurements on each of the specified bumpers. The experimental results obtained impulse values on the 3 cm spring, 1.5 cm spring, rubber, plasticine and magnetism respectively $v_1 = 0,69$ m/s with an accuracy of 98,63 % and $v_2 = 0,32$ m/s with an accuracy of 96,70 %; $v_1 = 0,69$ m/s with an accuracy of 95,46 % and $v_2 = 0,24$ m/s with an accuracy of 100%; $v_1 = 0,67$ m/s with an accuracy of 98,47% dan $v_2 = 0,13$ m/s with an accuracy of 92,86%; $v_1 = 0,67$ m/s with an accuracy of 98,51% and $v_2 = 0,0$ m/s; and $v_1 = 0,68$ m/s with an accuracy of 96,67% and $v_2 = 0,0$ m/s. Based on the results of the research that has been done, this speed detection can make measurements with an accuracy of 97,78 %.

Keywords: Speed, speed detection, impulse, HB100.

PENDAHULUAN

Pada era globalisasi perkembangan teknologi semakin pesat baik di bidang komunikasi, industri, pendidikan, kesehatan, dan sebagainya. Kemajuan teknologi yang semakin pesat dapat dilihat dalam katalog produk alat laboratorium dan penunjang pendidikan yang semakin canggih. Namun karena terkendala oleh harga

alat-alat tersebut yang relatif mahal, oleh karena itu banyak pula laboratorium sekolah dan universitas tidak menggunakan produk-produk tersebut sehingga pelajar atau mahasiswa hanya dapat melakukan praktikum secara terbatas. Sebagai contoh alat praktikum untuk materi mekanika momentum, impuls dan tumbukan saat ini belum terdapat di laboratorium eksperimen jurusan fisika unesa.

Momentum adalah salah satu topik fisika yang penerapannya banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya saja saat bermain bilyard, selain itu saat bermain sepak bola, softball, tenis, dan masih banyak yang lainnya. Impuls adalah peristiwa gaya yang bekerja pada benda dalam waktu hanya sesaat. (Giancoli, 2014).

Penulis termotivasi untuk membuat deteksi kecepatan untuk menentukan kecepatan pada percobaan tumbukan yang berbasis sensor HB100. Tentunya diharapkan menjadi alternatif yang dapat digunakan untuk pembelajaran pada bidang mekanika khususnya materi tumbukan.

Beberapa percobaan telah dilakukan untuk menghasilkan deteksi kecepatan yang efektif, efisien, dan akurat diantaranya yaitu penelitian Putro,dkk (2015). Rancang bangun deteksi kecepatan yang dihasilkan terdiri dari rangkaian sensor radar HB100 akan membaca nilai analog kecepatan ayunan bola. Kemudian nilai tersebut dibaca oleh Arduino Uno. Dengan bantuan ADC (*Analog to Digital Converter*) diperoleh lah nilai digitalnya. Lalu nilai tersebut ditampilkan oleh LCD. Hasil penelitian yang dilakukan, sistem ini mampu mendeteksi ayunan stick golf hanya dengan kecepatan tertentu.

Berbeda penerapan dengan penelitian sebelumnya, deteksi kecepatan ini digunakan dalam skala laboratorium yang mendeteksi kecepatan pada jarak lintasan yang kecil. Selain itu, dari beberapa penelitian dengan tujuan menentukan kecepatan pada tumbukan yang telah dilakukan. Sedangkan dalam penelitian yang penulis lakukan yaitu dengan menentukan langsung kecepatan menggunakan sensor HB100. Sensor HB100 menggunakan prinsip efek Doppler yang bekerja pada frekuensi 10.525 GHz, Dengan menggunakan sensor tersebut dapat merekam kecepatan yang di ukur saat benda bergerak dengan waktu tempuhnya oleh mikrokontroler Arduino melalui USB *port* ke komputer. Data yang diperoleh akan diolah oleh PLX-DAQ dan disajikan dalam bentuk grafik hubungan kecepatan dengan waktu, lalu nilai percepatan dapat diperoleh dari kemiringan garis dalam grafik tersebut. Nilai percepatan itu kemudian digunakan untuk menentukan besar gaya sehingga dapat diketui nilai impuls pada tumbukan.

Momentum

Momentum linear partikel adalah besaran vektor p yang didefinisikan sebagai:

$$p = m.v \quad (2.1)$$

dengan m adalah massa partikel dan v adalah kecepatannya. Kata sifat linear sering diabaikan, tetapi berfungsi untuk membedakan dari momentum sudut yang berhubungan dengan gerak rotasi. Untuk selanjutnya

momentum linear disebut momentum saja. Karena m adalah besaran skalar yang selalu positif, memberi tahu kita bahwa p dan v mempunyai arah yang sama. Unit SI untuk momentum adalah kilogram-meter per detik (kg m/s) (Halliday, dkk., 2010) Newton menyatakan hukum kedua tentang gerak dalam momentum: “Laju perubahan momentum partikel adalah sama dengan gaya total yang bekerja pada partikel dan berada di arah gaya itu.”

Dalam bentuk persamaan hukum kedua Newton menjadi

$$\Sigma F = \frac{dp}{dt} \quad (2.2)$$

Dimana F adalah gaya yang diberikan pada benda, p adalah momentum dan t adalah perubahan waktu. Untuk mengetahui nilai perubahan momentum (Δp) dengan:

$$\Delta p = p_f - p_i = \int F dt \quad (2.3)$$

Dimana p_f adalah momentum akhir dan p_i adalah momentum awal benda. Dimana momentum adalah $p = mv$.

$$\Delta p = mv_f - mv_i \quad (2.4)$$

Untuk mv_f adalah kecepatan akhir benda dan mv_i adalah kecepatan awal benda.

Pada tumbukan dua benda, kedua benda tersebut biasanya berubah bentuk. Ketika terjadi tumbukan, gaya biasanya naik dari nol lalu terjadi perubahan nilai dalam waktu yang sangat singkat, dan kemudian menurun dengan drastis hingga kembali ke nol lagi. Dari hukum Newton kedua, Persamaan 2.2, gaya total pada sebuah benda sama dengan laju perubahan momentumnya:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad (2.5)$$

Tentu saja, persamaan ini berlaku pada masing-masing benda yang bertumbukan. Jika kita kalikan kedua ruas persamaan ini dengan selang waktu Δt , didapatkan

$$\text{Impuls} = F\Delta t = \Delta p \quad (2.6)$$

Besaran di ruas kiri ialah hasil kali gaya F dengan selang waktu Δt pada waktu gaya bekerja, disebut **impuls**.

Sensor HB100

Sensor radar HB-100 adalah sebuah sensor yang bekerja dengan mentransmisikan gelombang dengan frekuensi 10,525 GHz menuju objek yang bergerak relative, gelombang kemudian dipantulkan benda kembali menuju receiver. (Singh, 2015)



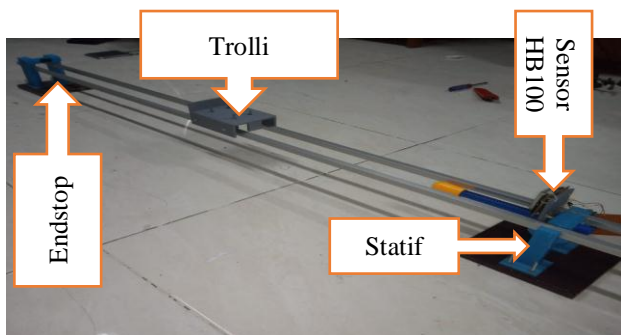
Gambar 1. Sensor radar HB100

(<http://www.theorycircuit.com/hb100-microwave-motion-sensor-interfacing-arduino/>)

Implementasi kerja sistem sensor pada sistem keseluruhan diawali dengan sensor *HB100* memancarkan frekuensi secara acak sehingga membentuk suatu radar. Bila tidak ada gerakan pada area cakupan radar, maka tidak akan terjadi perubahan frekuensi. Bila ada gerakan pada area cakupan radar, maka akan timbul perubahan frekuensi pada keluaran sistem. Hasil keluaran frekuensi inilah yang akan menentukan cepat atau lambatnya benda yang bergerak pada area radar tersebut. (Hagargund, 2015).

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian berbasis Laboratorium yang mempelajari hubungan antara kecepatan (v), waktu (t) dan percepatan (a) pada benda yang bertumbukan dengan prinsip GLBB nilai percepatan dapat digunakan untuk menentukan nilai impuls. Deteksi Kecepatan yang telah dibuat dan diuji dalam penelitian ini tampak seperti pada gambar 1



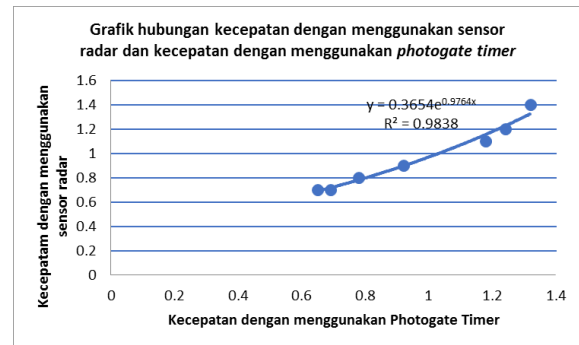
Gambar 2. Deteksi kecepatan pada percobaan tumbukan berbasis sensor *HB100*

Sistem kerja alat ini adalah pada peletuk ditarik, maka trolli akan bergerak dan bertumbukan dengan *endstop*. Dari pergerakan trolli tersebut akan diukur oleh sensor *HB100*, kemudian diolah oleh mikrokontroler sehingga menghasilkan nilai kecepatan (meter per sekon) dan selanjutnya akan ditampilkan pada serial monitor menggunakan *PLX-DAQ*. Nilai kecepatan yang didapatkan kemudian dibuat grafik hubungan kecepatan terhadap waktu sehingga diperoleh nilai percepatan dari kemiringan garis. Nilai percepatan kemudian digunakan untuk mengetahui besar gaya (F) sehingga dapat diketahui nilai impuls pada saat tumbukan.

Benda uji yang digunakan yaitu jenis bumper yaitu bumper pegas 3cm, bumper pegas 1,5 cm, bumper karet, bumper plastisin dan bumper magnet. Dimana elastisitas dari bumper ini akan mempengaruhi kecepatan benda setelah tumbukan.

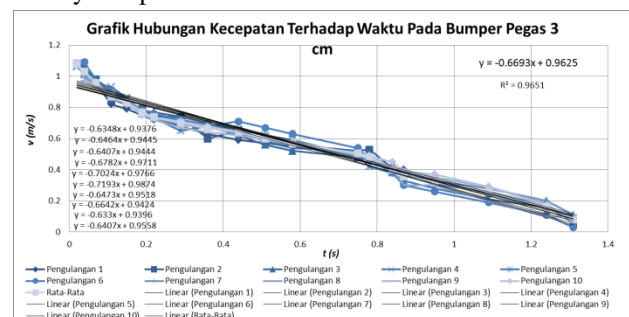
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini nilai kecepatan yang terukur oleh sensor *HB100* diuji linieritasnya terhadap nilai kecepatan sudut yang terukur oleh kalibrator. Adapun kalibrator yang digunakan adalah *Photogate Timer* yang dimiliki oleh PASCO. Dari data diperoleh hubungan nilai kecepatan yang terukur oleh sensor *HB100* terhadap nilai kecepatan yang terukur oleh *Photogate Timer* PASCO sebagai berikut :



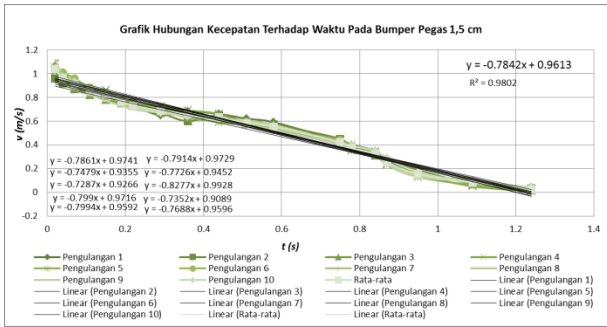
Gambar 3. Grafik hubungan kecepatan dengan menggunakan sensor radar dan kecepatan dengan menggunakan *photogate timer*.

Dari data tersebut terlihat bahwa antara nilai kecepatan yang terukur oleh sensor radar dengan nilai kecepatan yang diukur menggunakan kalibrator (*photogate timer*) memiliki nilai error rata-rata sebesar 3,6% . Percobaan dilakukan dengan pengukuran kecepatan pada bumper pegas 3 cm, pegas 1,5 cm, karet, plastisin dan magnet. Pengujian sistem percepatan pada alat dilakukan dengan cara membaca grafik antara kecepatan terhadap waktu pada setiap bumper. Dengan pengulangan dilakukan sebanyak sepuluh kali.



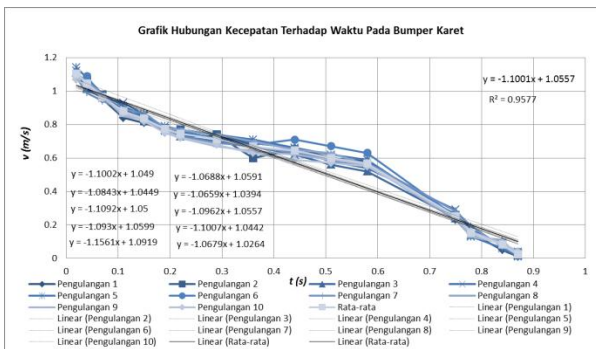
Gambar 4. Grafik Hasil Uji pada Bumper Pegas 3 cm.

Berdasarkan grafik, diperoleh gradien rata-rata $y = -0,6693x$ yang berarti nilai $v_t = v_0 + at$. Sehingga didapatkan percepatan rata-rata sebesar $-0,67 \text{ m/s}^2$. Nilai koefisien korelasi grafik sebesar 0,9615 yang berarti relasi linear yang kuat antara alat dengan teori.



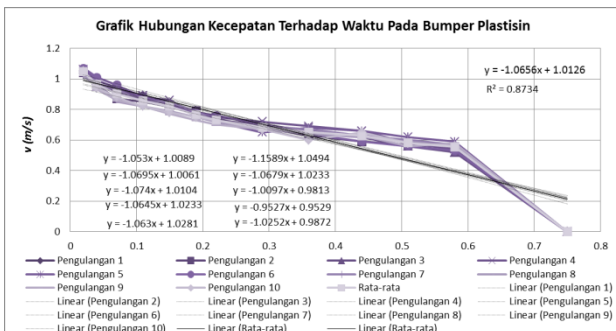
Gambar 5. Grafik Hasil Uji pada Bumper Pegas 1,5 cm.

Berdasarkan grafik, diperoleh gradien rata-rata $y = -0,7842x$ yang berarti nilai $v_t = v_0 + at$. Sehingga didapatkan percepatan rata-rata sebesar $-0,78 \text{ m/s}^2$. Nilai koefisien korelasi grafik sebesar $0,9802$ yang berarti relasi linear yang kuat antara alat dengan teori.



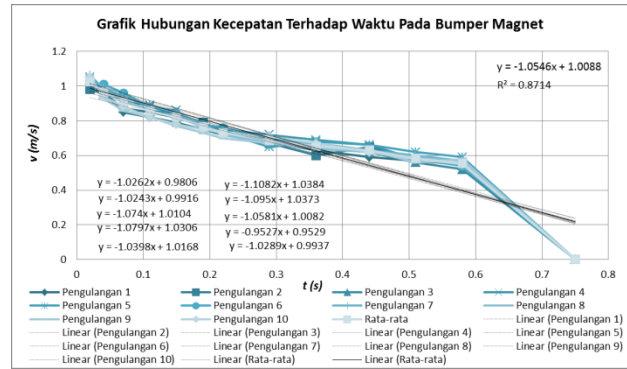
Gambar 6. Grafik Hasil Uji pada Bumper Karet.

Berdasarkan grafik, diperoleh gradien rata-rata $y = -1,1001x$ yang berarti nilai $v_t = v_0 + at$. Sehingga didapatkan percepatan rata-rata sebesar $-1,10 \text{ m/s}^2$. Nilai koefisien korelasi grafik sebesar $0,9577$ yang berarti relasi linear yang kuat antara alat dengan teori.



Gambar 7. Grafik Hasil Uji pada Bumper Plastisin

Berdasarkan grafik, diperoleh gradien rata-rata $y = -1,0656x$ yang berarti nilai $v_t = v_0 + at$. Sehingga didapatkan percepatan rata-rata sebesar $-1,06 \text{ m/s}^2$. Nilai koefisien korelasi grafik sebesar $0,8734$ yang berarti relasi linear yang kuat antara alat dengan teori.



Gambar 8. Grafik Hasil Uji pada Bumper Magnet

Berdasarkan grafik, diperoleh gradien rata-rata $y = -1,0546x$ yang berarti nilai $v_t = v_0 + at$. Sehingga didapatkan percepatan rata-rata sebesar $-1,05 \text{ m/s}^2$. Nilai koefisien korelasi grafik sebesar $0,8714$ yang berarti relasi linear yang kuat antara alat dengan teori.

Tabel 2. Perbandingan nilai kecepatan sebelum tumbukan berdasarkan pengukuran sensor HB100 dengan Photogate Timer.

No	Bumper	$v_{\text{rata-rata}} \text{ (m/s)}$		Error (%)
		Alat	Photogate Timer	
1	Pegas 3 cm	0,69	0,68	1,47
2	Pegas 1,5 cm	0,69	0,66	4,54
3	Karet	0,67	0,68	1,53
4	Plastisin	0,67	0,66	1,51
5	Magnet	0,68	0,66	3,03

Tabel 3. Perbandingan nilai kecepatan sesudah tumbukan berdasarkan pengukuran sensor HB100 dengan Photogate Timer.

No	Bumper	$v_{\text{rata-rata}} \text{ (m/s)}$		Error (%)
		Alat	Photogate Timer	
1	Pegas 3 cm	0,32	0,33	3,03
2	Pegas 1,5 cm	0,24	0,24	0,00
3	Karet	0,13	0,14	7,14
4	Plastisin	0,00	0,00	0,00
5	Magnet	0,00	0,00	0,00

Tabel 4. Data Percobaan Nilai Impuls

No	Bumper	Impuls		Error (%)
		Alat	Photogate Timer	
1	Pegas 3 cm	0,32	0,33	3,03
2	Pegas 1,5 cm	0,24	0,24	0,00
3	Karet	0,13	0,14	7,14
4	Plastisin	0,00	0,00	0,00
5	Magnet	0,00	0,00	0,00

Pembahasan

Setelah deteksi kecepatan berbasis *HB100* selesai dibuat, kemudian dilakukan pengujian alat. Pengujian alat menghasilkan data pada tabel 4.1 yaitu nilai kecepatan yang diambil pada jarak yang berbeda. Nilai kecepatan yang didapat semakin besar ketika besar jaraknya semakin kecil. Karena terdapat gaya gesek yang mempengaruhi. Jarak yang digunakan mulai dari jarak 40 cm hingga 100 cm. Hasil pengujian sensor kecepatan ini dimulai pada jarak 40 cm agar pendeteksian dapat berjalan optimal. Karena pada saat pengujian, sensor berjalan optimal pada benda yang berjarak lebih dari 10 cm dari sensor. Saat jarak benda kurang dari 10 cm pendeteksian tidak berjalan optimal. Seringkali sensor tidak dapat membaca pergerakan troli.

Dari Gambar 4.2 diperoleh persamaan $y = 0,9539x$, persamaan tersebut menggambarkan hubungan positif atau dapat dikatakan peningkatan variabel sejalan dengan peningkatan variabel y , dimana x adalah nilai kecepatan yang terukur oleh *photogate timer* dan y adalah nilai kecepatan yang terukur oleh Sensor radar *HB100*. Koefisien 0,9539 maksudnya adalah nilai kecepatan yang terukur oleh *photogate timer* 1 kecepatan sama dengan 0,9539 kecepatan pada sensor radar *HB100*. Uji linieritas nilai kecepatan yang terukur oleh sensor radar dengan kalibrator diperoleh hasil bahwa nilai kecepatan yang terbaca oleh sensor radar telah terkalibrasi atau sesuai dengan kalibrator (*photogate timer*).

Langkah selanjutnya yaitu penerapan alat pada pengukuran nilai impuls saat tumbukan menggunakan beberapa bumper yaitu; pegas 3cm, pegas 1,5cm, karet, plastisin dan magnet.

Hasil dari penelitian ini adalah pengukuran nilai impuls pada tumbukan dengan bumper pegas 3cm, bumper pegas 2 cm, bumper karet, bumper plastisin dan bumper magnet. Nilai kecepatan sebelum dan sesudah tumbukan untuk bumper pegas 3 cm, pegas 1,5 cm, karet, plastisin dan magnet secara berturut-turut diperoleh sebesar $v_1 = 0,69$ m/s dengan akurasi 98,63 % dan $v_2 = 0,32$ m/s dengan akurasi 96,70 %; $v_1 = 0,69$ m/s dengan akurasi 95,46 % dan $v_2 = 0,24$ m/s dengan akurasi 100%; $v_1 = 0,67$ m/s dengan akurasi 98,47% dan $v_2 = 0,13$ m/s dengan akurasi 92,86%; $v_1 = 0,67$ m/s dengan akurasi 98,51% dan $v_2 = 0,0$ m/s; dan $v_1 = 0,68$ m/s dengan akurasi 96,67% dan $v_2 = 0,0$ m/s. Besarnya nilai error yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya data yang diperoleh oleh sensor bersifat realtime (kontinu) sedangkan data yang diperoleh dari *photogate timer* bersifat diskrit sehingga mempengaruhi kecepatan rata-rata yang diperoleh, tidak konstannya gaya yang diberikan pada benda dan adanya gesekan antara troli dengan lintasan sehingga mengurangi kecepatannya. Dari data

pengukuran yang diperoleh, deteksi kecepatan dengan menggunakan sensor *HB100* mampu mencapai keakurasian 97,78%.

PENUTUP

Simpulan

1. Hasil dari rancangan deteksi kecepatan pada percobaan tumbukan berbasis sensor radar *HB100* terbukti dapat mengukur nilai Impuls pada bumper pegas 3 cm, pegas 1,5 cm, karet, plastisin dan magnet;
2. Pengukuran nilai kecepatan sebelum dan sesudah tumbukan dengan menggunakan deteksi kecepatan berbasis sensor radar *HB100* menghasilkan untuk bumper pegas 3 cm, pegas 1,5 cm, karet, plastisin dan magnet secara berturut-turut diperoleh sebesar $v_1 = 0,69$ m/s, $v_2 = 0,32$ m/s; $v_1 = 0,69$ m/s, $v_2 = 0,24$ m/s; $v_1 = 0,67$ m/s, $v_2 = 0,13$ m/s; $v_1 = 0,67$ m/s, $v_2 = 0,0$ m/s; dan $v_1 = 0,68$ m/s, $v_2 = 0,0$ m/s dengan keakurasian alat mencapai 97,78 %.

Saran

Dalam pembuatan deteksi kecepatan pada percobaan tumbukan berbasis sensor radar *HB100* ini tidak luput dari kekurangan, diharapkan pembuatan alat ukur serupa yang akan dilakukan oleh peneliti selanjutnya lebih baik dengan mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut; Pemberian gaya secara otomatis sehingga besar gaya yang diberikan nilainya konstan; Memberi pengait pada setiap bumper agar bumper tidak mudah jatuh saat pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Giancoli. D.C. 2014. *Physics Principles With Applications, Fifth Edition*. USA: Pearson Education, In
- Hagargund Asha dkk., 2013. *Radar Based Cost Effective Vehicle Speed Detection Using Zero Cross Detection*. Institute of Technology, Banglore, India. Departemen of ECE
- Halliday. dkk, *Fisika Dasar, Edisi Ketujuh Jilid 1,...* hlm 229.
- Putro, Aditya P., Susanto, Erwin & Pangaribuan, Porman, 2015. *Deteksi Kecepatan Dan Jarak Pada Pukulan Pemain Golf Berbasis Mikrokontroler*. Telkom University. e-Proceeding of Engineering : Vol.2, No.3. ISSN : 2355-9365.
- Singh Amit dkk, 2015. *Low Cost X Band Radar System For Multiple Target Detection*. Delhi Technological University, Electrical Engineering Department.