

Alat Praktikum Tumbukan Menggunakan Mikrokontroler, Sensor Ultrasonik, dan Lintasan Air Track

K. Umam* , Hartono, dan Sulhadi

Prodi Pendidikan Fisika, Program Pascasarjana Universitas Negeri Semarang, Indonesia

* Email: khaerulumam3028@students.unnes.ac.id

Received: June 13th, 2021. Accepted: August 2nd, 2021. Published: August 29th, 2021

Abstrak

Momentum merupakan salah satu topik fisika yang lebih dapat dipahami oleh siswa melalui kegiatan praktikum. Persoalan yang ditemukan pada penggunaan *ticker timer* sebagai pengukur kecepatan pada praktikum tumbukan adalah bahwa proses pengukuran mengganggu sistem yang diukur. Penelitian ini mengembangkan alat praktikum tumbukan menggunakan mikrokontroler dan sensor ultrasonik sebagai perekam jarak. Lintasan lurus yang digunakan berupa *air track*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa alat praktikum tumbukan dengan mikrokontroler dan lintasan lurus berupa *air track* dapat bekerja dengan baik. Perekam jarak atau DRD mampu merekam jarak setiap 0,2 detik. Sensor ultrasonik sebagai pengukur memiliki ketepatan 99,6% dan kesalahan relatif sebesar 0,56% untuk sensor 1, sedangkan untuk sensor 2 memiliki ketepatan 99% dan kesalahan relatif 0,85%. Melalui data jarak yang diperoleh maka dapat diketahui besarnya momentum sebelum dan sesudah tumbukan.

Abstract

Momentum is one of the physics topics that students can better understand with practical activities. The problem found in using the ticker timer as a speed gauge in the collision practicum is that the measurement process interferes with the system being measured. This research develops a collision practicum tool using a microcontroller and ultrasonic sensor as a distance recorder. The glide track used is an air track. Based on the

research conducted, it can be concluded that the collision practicum tool with a microcontroller and a glide track in the form of an air track can work well. The distance recorder or DRD is capable of recording distances every 0.2 seconds. The ultrasonic sensor as a gauge has an accuracy of 99.6% and a relative error of 0.56% for sensor 1. Meanwhile, sensor 2 has an accuracy of 99% and a relative error of 0.85%. Through the distance data obtained, it is possible to obtain an increase in momentum before and before the collision. ©2021PERJ

Keywords: Collision; Microcontroller; Ultrasonic sensors; Air track.

PENDAHULUAN

Kegiatan praktikum merupakan sebuah bagian dari proses belajar mengajar yang tidak dapat dipisahkan. Salah satu pelajaran yang membutuhkan praktikum adalah fisika. Melalui kegiatan praktikum, siswa dapat mengolah pola pikir yang sistematis, mendapatkan pengalaman dan ilmu yang mudah diingat, serta dapat menjembatani konsep-konsep fisika dengan alat praktikum tersebut (Istinganah dkk., 2021).

Momentum merupakan salah satu konsep fundamental dalam fisika yang dalam upaya memahaminya, siswa sering mengalami kesulitan (Rosa dkk., 2017). Upaya untuk pemahaman yang lebih baik terkait momentum dapat dilakukan melalui kegiatan praktikum. Momentum adalah ukuran kesukaran untuk memberhentikan suatu benda yang dapat diamati atau dijumpai pada fenomena tumbukan (Mughny & Rahmawati, 2016). Pada praktikum

tumbukan dan momentum, praktikan dapat menggunakan neraca untuk menentukan massa benda yang bertumbukan; sedangkan untuk menentukan besar kecepatan, praktikan menggunakan pewaktu ketik (Huda dkk., 2016). Penggunaan pewaktu ketik (*ticker timer*) telah dilakukan untuk pengukuran kecepatan benda yang bergerak lurus, di antaranya pada penelitian Sobari & Sucahyo (2016) dan Lusya & Rahardjo (2017). Persoalan yang ditemukan pada penggunaan *ticker timer* adalah bahwa proses pengukuran mengganggu sistem yang diukur (Huda dkk., 2016).

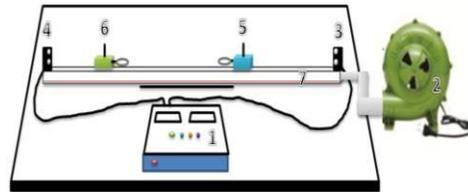
Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat praktikum tumbukan dengan menggunakan mikrokontroler dan sensor ultrasonik. Mikrokontroler merupakan suatu komponen elektronika yang dapat diprogram dan memiliki kemampuan untuk mengeksekusi langkah-langkah yang telah diprogram (Yohandri, 2013). Penggunaan sensor

ultrasonik untuk mengukur jarak benda yang bergerak telah dilakukan oleh Suari (2018). Alat-alat praktikum fisika yang menggunakan sensor diyakini lebih efektif dan efisien, sehingga tujuan pembelajaran dapat terlaksana sesuai yang diharapkan (Triaga dkk., 2017). Alat praktikum tumbukan yang dikembangkan bertujuan untuk memudahkan dalam kegiatan praktikum dan pengambilan data berkaitan dengan hukum kelestarian momentum.

METODE

Desain Alat Praktikum Tumbukan

Desain alat praktikum tumbukan dapat dilihat pada Gambar 1.

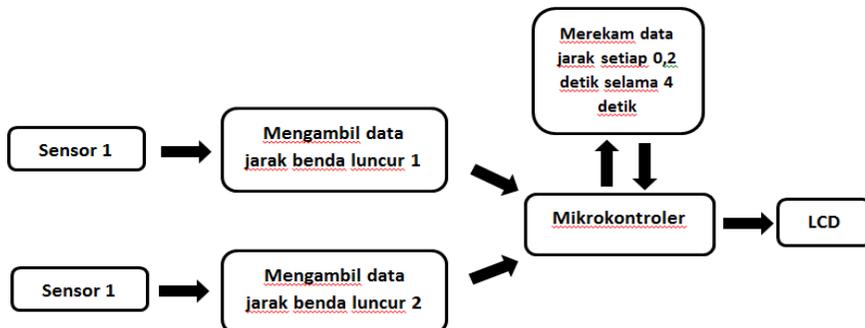


Gambar 1. Desain Rangkaian Alat Praktikum Tumbukan

Komponen rangkaian alat meliputi: DRD (*Distance Recorder Device*), blower, sensor ultrasonik, benda luncur, dan lintasan *air track*.

Perancangan Perangkat Perekam Jarak

Perangkat perekam jarak atau DRD dirangkai dari beberapa komponen elektronik meliputi mikrokontroler (arduino UNO), LCD, sensor ultrasonik, dan *switch button*. Blok diagram kerja alat praktikum tumbukan seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram kerja alat praktikum tumbukan

Analisis data pada pengukuran jarak oleh sensor meliputi persentase kesalahan, ketepatan pengukuran, standar deviasi, kesalahan relatif, dan ketelitian (Triaga dkk., 2017). Persentase

kesalahan sensor jarak ditentukan sesuai Persamaan 1.

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan: Y_n = Nilai sebenarnya dan X_n = Nilai yang terbaca pada alat ukur. Ketepatan sensor jarak ditentukan melalui Persamaan 2, dengan A merupakan nilai dari ketepatan.

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \quad (2)$$

Nilai ketelitian sensor jarak dicari menggunakan Persamaan 3.

$$\text{Ketelitian} = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| \quad (3)$$

Perbedaan antara mencari nilai ketelitian dengan ketepatan hanya pada menukar pengali Y_n dengan \bar{X}_n . \bar{X}_n = rata-rata dari set n pengukuran. Standar deviasi dari pengukuran kuantitas aliran air ditentukan melalui Persamaan 4, sedangkan untuk mencari nilai kesalahan relatif digunakan Persamaan 5..

$$\Delta X = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n-1}} \quad (4)$$

$$KR = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \times 100\% \quad (5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distance Recorder Device (DRD)

Distance Recorder Device (DRD) merekam jarak yang diperoleh melalui sensor ultrasonik yang

mengenai benda luncur yang bergerak dalam satu garis lurus. DRD mampu merekam jarak dari benda luncur setiap selang waktu 0,2 sekon selama 4 sekon sehingga dalam waktu 4 sekon, data jarak yang diperoleh sebanyak 20 data. Perangkat DRD dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perangkat DRD

Tombol ON/OFF untuk menyalakan DRD (*Distance Recorder Device*), tombol START untuk memulai pengambilan data selama 4 detik, tombol SHOW untuk memulai menampilkan data, dan tombol UP/Down untuk menampilkan data terekam, yakni UP digunakan untuk melihat data selanjutnya (0,2 detik berikutnya) dan tombol DOWN untuk melihat data sebelumnya (0,2 detik sebelumnya).

Lintasan Luncur

Lintasan luncur yang digunakan yaitu berupa *air track* mampu memberikan tekanan udara pada bawah benda, sehingga benda dapat

terangkat dari bidang luncur. Dengan demikian, gaya gesek antara benda dengan bidang luncur dapat diminimalisir. *Air track* terbuat dari bahan alumunium panjang berongga dengan panjang 150 cm. Batang alumunium kemudian diberi lubang dari ujung satu sampai ujung lainnya dengan jarak antar lubang yaitu 2 cm. Lubang-lubang tersebut memiliki diameter 1 mm. Tujuan dari pemberian lubang adalah untuk keluarnya udara yang memberi tekanan pada benda luncur sehingga mengurangi gaya gesek antara benda luncur dan lintasan. Lintasan luncur *air track* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Lintasan Luncur *Air Track*

Ketepatan dan Ketelitian Sensor

Sesuai dengan data pada Tabel 1, sensor ultrasonik yang digunakan untuk mengukur jarak pada alat praktikum tumbukan memiliki ketepatan 99,6% dan kesalahan relatif sebesar 0,56% untuk sensor 1, sedangkan untuk sensor 2 memiliki ketepatan 99% dan kesalahan relatif 0,85%. Nilai pembandingan data pengukuran oleh sensor diambil

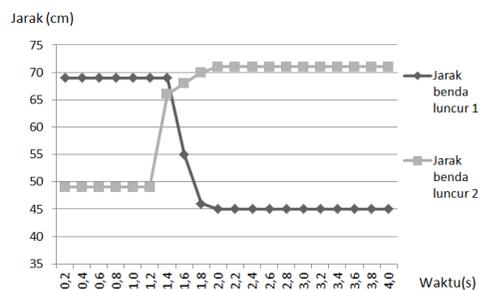
melalui pengukuran dengan menggunakan mistar.

Tabel 1. Ketelitian sensor

Data	Sensor 1	Sensor 2
Persentase Kesalahan	0,40 %	1,0 %
Ketepatan	99,6 %	99 %
Ketelitian Standar	99,7 %	98,5 %
Deviasi	0,421637	0,421637
Kesalahan Relatif	0,56 %	0,85 %

Percobaan 1 dengan Keadaan $m_1 = m_2$ dan $v_1 > v_2$

Pada percobaan pertama dengan massa benda luncur yang sama sebesar 16 gram dan benda luncur pertama dalam kondisi diam maka diperoleh data sesuai Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Pengukuran Jarak Terhadap Waktu pada Percobaan 1

Gambar 5 menunjukkan bahwa kedua benda luncur saling bertumbukan pada waktu 1,4 sekon setelah dimulainya pencatatan data oleh mikrokontroler. Melalui data pada grafik 1 maka dapat diperoleh kecepatan sesaat sebelum dan sesudah tumbukan. Pada percobaan 1 dengan keadaan dan diperoleh besarnya momentum sebelum tumbukan dan sesudah tumbukan sesuai pada Tabel 4.

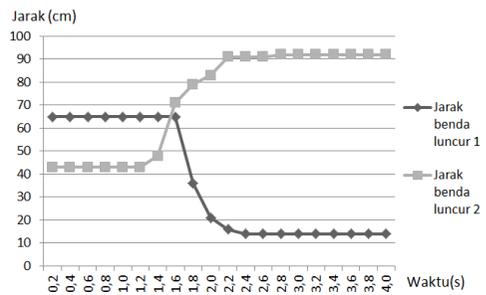
Tabel 4. Jumlah Momentum Sebelum dan Sesudah Tumbukan pada Percobaan 1

Benda		Jumlah Momentum	
Luncur 1	Luncur 2	Sebelum Tumbukan	Sesudah Tumbukan
v_1 (cm/s)	v_2 (cm/s)	v_1' (cm/s)	v_2' (cm/s)
0	70	85	10
		1360 (g cm/s)	1280 (g cm/s)

Terdapat perbedaan besarnya momentum sebelum dan setelah tumbukan hal ini terjadi karena beberapa faktor, salah satunya adalah gesekan antara benda luncur dengan udara ataupun gesekan benda luncur dengan lintasan luncurnya. Sama halnya dengan percobaan pada alat yang dikembangkan oleh Huda dkk. (2016), terdapat perbedaan besarnya momentum sebelum tumbukan dan setelah tumbukan pada kondisi $m_1 = m_2$ dan $v_1 > v_2$ (nilainya berbeda).

Percobaan 2 dengan Keadaan $m_1 < m_2$ dan $v_1 < v_2$

Pada percobaan ke dua, massa benda luncur pertama sebesar 9 gram dan massa benda luncur ke dua sebesar 16 gram. Pada percobaan kedua ini benda luncur pertama dalam kondisi diam.



Gambar 6. Grafik Pengukuran Jarak Terhadap Waktu pada Percobaan 2

Gambar 6 menunjukkan bahwa kedua benda luncur saling bertumbukan pada waktu 1,6 sekon setelah dimulainya pencatatan data oleh mikrokontroler. Pada percobaan 2 dengan keadaan $m_1 < m_2$ dan $v_1 < v_2$ diperoleh besarnya momentum sebelum tumbukan dan sesudah tumbukan sesuai pada Tabel 5.

Benda luncur 2 bergerak ke arah kiri sehingga menumbuk benda luncur 1 yang dalam kondisi diam. Setelah tumbukan terjadi, benda luncur 1 dengan masa yang lebih kecil terpental dan bergerak ke arah kiri searah dengan gerak benda luncur 2, sehingga diperoleh

momentum tumbukan seperti pada Tabel 5. Pada kasus tumbukan tanpa gaya luar akan selalu berlaku hukum kekekalan momentum, yaitu momentum total benda sebelum tumbukan sama dengan momentum total benda setelah tumbukan (Rosyadi, 2018). Besarnya jumlah momentum sesudah tumbukan pada percobaan 2 memiliki nilai yang mendekati besarnya momentum sebelum tumbukan.

Tabel 5. Jumlah Momentum Sebelum dan Sesudah Tumbukan pada Percobaan 2

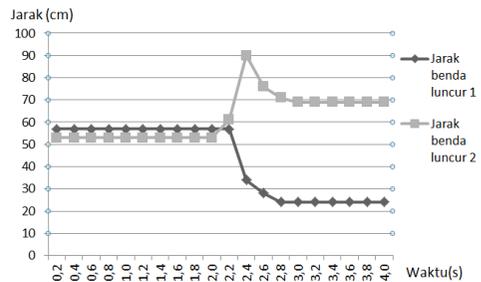
Benda Benda		Jumlah Momentum	
Luncur 1	Luncur 2	Sebelum Tumbukan	Sesudah Tumbukan
v_1 (cm/s)	v_1' (cm/s)	v_2 (cm/s)	v_2' (cm/s)
0	145	115	40
		1840	1918

Percobaan 3 dengan Keadaan $m_1 > m_2$ dan $v_1 < v_2$

Pada percobaan ke tiga, massa benda luncur pertama sebesar 16 gram dan massa benda luncur ke dua sebesar 9 gram. Pada percobaan ke tiga ini, benda luncur pertama dalam kondisi diam.

Gambar 7 menunjukkan bahwa kedua benda luncur saling bertumbukan pada waktu 2,2 sekon setelah dimulai pencatatan data oleh mikrokontroler. Pada percobaan 3

dengan keadaan $m_1 > m_2$ dan $v_1 < v_2$ dan diperoleh besarnya momentum sebelum tumbukan dan sesudah tumbukan sesuai pada Tabel 6.



Gambar 7. Grafik Pengukuran Jarak Terhadap Waktu pada Percobaan 3

Tabel 6. Jumlah Momentum Sebelum dan Sesudah Tumbukan pada Percobaan 3

Benda Benda		Jumlah Momentum	
Luncur 1	Luncur 2	Sebelum Tumbukan	Sesudah Tumbukan
v_1 (cm/s)	v_1' (cm/s)	v_2 (cm/s)	v_2' (cm/s)
0	115	145	70
		1305	1210

Benda luncur 2 yang bermassa 9 gram bergerak ke arah kiri sehingga menumbuk benda luncur 1 dengan masa 16 gram yang diam. Setelah tumbukan terjadi, benda luncur 1 dengan masa yang lebih besar terpental dan bergerak ke arah kiri sedangkan benda luncur 2 yang bermasa lebih kecil bergerak ke kanan berlawanan dengan arah gerak awal sebelum tumbukan. Terdapat perbedaan jumlah

momentum sebelum tumbukan dan sesudah tumbukan yang disebabkan oleh terjadinya gesekan yang lebih besar pada benda luncur kedua dengan masa yang lebih kecil. setelah tumbukan, benda luncur 2 terpengaruh berlawanan arah dan menempel pada lintasan luncur sehingga memperlambat laju benda.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa alat praktikum tumbukan dengan mikrokontroler dan lintasan luncur berupa *air track* dapat bekerja dengan baik. Perekam jarak atau DRD mampu merekam jarak setiap 0,2 detik. Sensor ultrasonik sebagai pengukur memiliki ketepatan 99,6% dan kesalahan relatif sebesar 0,56% untuk sensor 1, sedangkan untuk sensor 2 memiliki ketepatan 99% dan kesalahan relatif 0,85%. Melalui data jarak yang diperoleh maka dapat diketahui besarnya momentum sebelum dan sesudah tumbukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Halliday, D., & Resnick, R. 2010. *Fisika Dasar, Edisi Ketujuh Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Huda, I., Sudarmanto, A., & Khalif, M. A. 2016. Pembuatan Alat Praktikum Tumbukan Linear dengan Mikrokontroler. *Prosiding Seminar Nasional MIPA 2016*, 207-219.
- Istinganah, Y., Syam, M., & Zulkarnaen. 2021. Pemanfaatan Laboratorium Fisika dalam Pembelajaran Fisika, Studi Kasus di SMA Negeri 1 Sendawar dan SMA Negeri 1 Liggang Bigung Kabupaten Kutai Barat. *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika*, 2(1): 23-33.
- Lusia, R., & Rahardjo, D. T. 2017. Ticker Timer Dengan Penghitung Waktu Otomatis Menggunakan Timer Le8n Series. *Jurnal Materi Dan Pembelajaran Fisika (JMPPF)*, 7(2): 63-68.
- Mughny, A., & Rahmawati, E. 2016. Rancang Bangun KIT Percobaan Konservasi Momentum Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 5(3): 9-14.
- Rosa, G. C., Cari, C., & Aminah, N. S. 2017. Tingkat Pemahaman Konsep Mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Sebelas Maret pada Materi Momentum. *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika Dan Aplikasinya) 2017*, 74-84.
- Rosyadi, F. 2018. Kajian Tumbukan Sentral dan Tak Sentral pada Permainan Billiards Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika SMA. *Seminar Nasional*

- Pendidikan Fisika* 2018, 3: 127-134.
- Sobari, A., & Sucahyo, I. 2016. Pengembangan Alat Peraga Ticker Timer sebagai Media Pembelajaran Fisika Pokok Bahasan Gerak Lurus. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika (JIPF)*, 5(3): 154-160.
- Suari, M. 2018. Pengujian Sensor Jarak HC-SR04 Pada Percobaan Gerak Lurus Suatu Benda. *Natural Science Journal*, 4(2): 686-699.
- Triaga, E., Yulkifli, & Yohandri. 2017. Pembuatan Air Track untuk Eksperimen Kinematika dan Dinamika Berbasis Mikrokontroler Atmega328. *Pillar of Physics*, 10: 14-22.
- Wantoro, K., Sudjito, D., & Rondonuwu, F. S. 2016. Pemanfaatan Kamera Smartphone dan Eyetracking Analysis pada Percobaan Kinematika Di Atas Landasan Udara Dua Dimensi. *Unnes Physics Education Jurnal*, 5(1): 49-55.
- Yohandri. 2013. *Mikrokontroler dan Antar Muka*. Padang: UNP.

