



## Penggunaan Alat Ukur Kecepatan Berbasis Arduino Materi GLB dan GLBB untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMK

Muhammad Subhan\*, Eka Rahmawati, Fatimah, Yus'iran, Lis Suswati  
STKIP Bima

\* E-mail: d.hansfisika@gmail.com

### **Abstract**

*Learning about straight motion can be observed in everyday life. The condition of students in the research school where some SMK students find it difficult to understand how to observe objects moving or going so fast, and do not know how to determine the right time. This research is the application of learning using arduino-based infrared sensor media to measure the speed of GLB-GLBB straight motion. The purpose of this study was to see the effect of media in improving students' critical thinking skills. This research is a pre-experimental Data was obtained using 10 number critical thinking essay questions, the results of the pretest and posttest will be converted using a critical thinking instrument grid with 4 criteria, namely: Analyzing skills, synthesizing skills, problem solving skills and concluding skills. Critical thinking criteria data were analyzed using the percentage formula to see the percentage level of student skills increase. As for the hypothesis test analysis, the Paired Two Sample for Means t test or paired test was used. The average pretest = 60.9 and the average posttest = 81.8. Critical thinking skills data analysis results from 4 criteria: (1) analyzing skills at pretest = 58.9% and at posttest = 75%; (2) synthesizing skills at pretest = 60.7% and posttest = 85.7%; (3) problem solving skills at pretest = 66.1% and posttest = 76.8% and (4) conclusion skills at pretest = 55.4% and posttest = 83.9%. While the significance test of the analysis results is t-statistic = 7.42 and t-table two-tail = 2.02 so that overall it can be concluded that the use of infrared sensor media based on arduino measuring the speed of GLB-GLBB straight motion can affect and improve the critical thinking skills of SMK students.*

**Keywords:** *Arduino infrared sensor, GLB-GLBB, critical thinking*

**How to Cite:** Subhan M., Rahmawati, E., Fatimah, F., Yus'iran, Y., & Suswati, L. (2023). Penggunaan Alat Ukur Kecepatan Berbasis Arduino Materi GLB dan GLBB untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMK. *Schrodinger Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika*, 4 (1): 13-21.

### **PENDAHULUAN**

Fisika merupakan ilmu yang menguraikan dan menganalisis struktur peristiwa alam yang disertai percobaan dan pengukuran serta penyajian secara matematis (Giancoli, D. C., 2001). Pada pembelajaran fisika dasar seringkali dalam buku pembelajaran disajikan konsep-konsep dasar beserta grafik sebagai penjelas, dengan tujuan agar mempermudah pemahaman siswa. Penyajian grafik yang dimaksud merupakan gambaran atau hasil analisis dari sebuah peristiwa yang terjadi. Kajian tentang gerak tersebut, salah satu sub materi diantaranya Gerak Lurus (GLB, GLBB), pada pemahaman media grafik dan fisis. (Hutagalung & Parinduri, 2021).

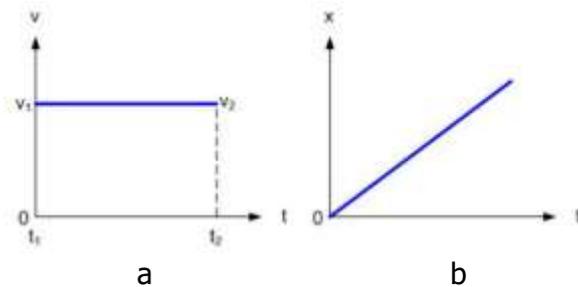
Kenyataan yang dijumpai pada pembelajaran fisika di Sekolah Kejuruan diantaranya sebagian besar siswa misinterpretasi terhadap materi ajar yang disertai gambar, grafik dengan konsep atau teori. Siswa belum mampu merepresentasikan keterkaitan antara konsep dasar dengan bentuk grafik yang berbeda-beda dari setiap peristiwa fisika pada materi gerak benda tersebut, padahal tujuan sebagai pemberi penjelas konfigurasi (bentuk atau susunan) yang dapat menggambarkan, mewakili atau melambangkan sesuatu dalam

satu cara. (Goldin dalam Yuwono, 2016). Faktor ini muncul sebagian pebelajar yang basik dasar fisiknya kurang, minat untuk belajar fisika siswa seringkali disebabkan oleh cara penyampaian pengajar dan penggunaan media yang kurang mendukung. Hendaknya pengajar menciptakan pembelajaran sains sebagai pengalaman yang menyenangkan bagi siswa sehingga akan diingat seumur hidup mereka (Aldila dkk, 2020), karena pembelajaran ilmu pengetahuan alam itu sendiri salah satunya fisika dapat berperan penting dalam membentuk kemampuan berfikir kritis siswa.

Konsep dasar materi GLB dan GLLBB merupakan pembelajaran dasar pada fisika. GLB merupakan gerak suatu benda pada lintasan lurus dengan kecepatan konstan dan tidak mengalami perubahan percepatan atau percepatan sama dengan 0. Atau dalam bentuk matematikanya:

$$x = vt \tag{1}$$

Jika digambarkan dalam bentuk grafik hubungan v-t dan x-t dengan kecepatan konstan  $v_1 = v_2$  yang artinya  $\frac{x_1}{t_1} = \frac{x_2}{t_2}$  (2)



Gambar 1. a Grafik v-t, dan b grafik x-t pada GLB

Sedangkan GLBB adalah gerak suatu benda pada lintasan dengan kecepatan berubah akibat adanya percepatan. Atau dalam bentuk persamaan dapat ditulis:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \tag{3}$$

$$v_t = v_0 + a.t \tag{4}$$

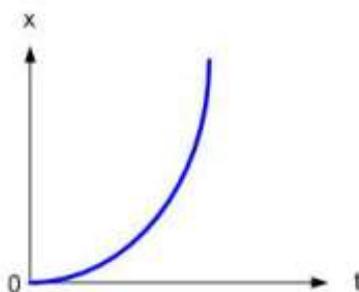
Jika percepatan konstan pada perpindahan benda  $v_0$  sampai  $v_t$  dengan kecepatan rata-rata dalam sebarang selang waktu sehingga kecepatan rata-rata dapat dirumuskan menjadi

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2} \tag{5}$$

Sehingga untuk sebuah benda yang berpindah pada waktu tertentu dengan kecepatan rata-rata dapat dirumuskan:

$$\begin{aligned} x &= \bar{v}.t \\ &= \left( v_0 + \frac{1}{2} a.t \right) t \\ &= v_0.t + \frac{1}{2} a.t^2 \end{aligned} \tag{6}$$

Dari persamaan di atas bila suatu benda mengalami perubahan percepatan maka bentuk grafiknya hubungan x-t menjadi kuadratik sebagaimana gambar di bawah ini:



Gambar 2. Grafik hubungan x-t pada GLBB (Riani, L. 2008)

Pembelajaran tentang gerak lurus dapat diamati peristiwanya dalam kehidupan sehari-hari. Meskipun terlihat sangat sederhana, namun ketika peristiwa tersebut dibahas dalam bentuk konsep pembelajaran sebagian siswa merasa kesulitan cara pemahamannya saat mengamati benda bergerak atau melaju begitu cepat, masih banyak siswa yang keliru bagaimana menentukan waktu yang tepat, bila dilakukan menggunakan stopwatch secara manual akan banyak kekeliruan nilai, sehingga siswa kesulitan mendapatkan hasil yang tepat. Guru kebanyakan setelah penyampaian materi secara konvensional hanya menuntun siswa untuk menyelesaikan soal-soal berdasarkan persamaan yang tersaji dalam buku pelajaran adalah hal yang terbiasa bagi siswa, siswa tidak mengalami langsung bagaimana cara menganalisis proses perumusan persamaan didapat dan bagaimana dihubungkan dengan konsepnya dan bagaimana cara melakukan pengukuran yang tepat. Dalam pembelajaran fisika siswa harus dibiasakan dan sebisa mungkin mengalami langsung baik itu pengamatan, pengukuran dan menganalisis, tidak sekedar memahami teori ataupun konsep.

Pembelajaran fisika melibatkan peserta didik secara aktif melalui kegiatan eksperimen. Dalam kegiatan eksperimen banyak keterampilan pada peserta didik yang akan berkembang seperti mengamati, menafsirkan pengamatan, mengolah data, menggunakan alat dan bahan, menerapkan konsep, merencanakan penelitian, berkomunikasi, dan mengajukan pertanyaan sehingga dapat menumbuhkan minat dan motivasi belajar peserta didik (Kause, M. C., & Lestari, 2021).

Kemampuan cara menghubungkan antara peristiwa dengan teori dan dukungan sumber data sehingga menghasilkan suatu kesimpulan adalah kegiatan analisis. Kegiatan analisis merupakan aktivitas berpikir seseorang agar mampu berpikir lebih kritis ketika menelaah suatu masalah. Berpikir sebagai suatu aktivitas mental untuk membantu memformulasikan atau memecahkan suatu masalah, membuat suatu keputusan, atau memenuhi hasrat keingintahuan (*fulfill a desire to understand*) (Ruggiero dalam Siswono, 2016). Kurikulum 2013 menuntut seorang pengajar harus mampu merancang rencana pelaksanaan pembelajaran yang memuat aspek 4C yaitu critical thinking, creativity, communication dan juga collaboration (Raidil, dkk 2023). Dalam penelitian ini difokuskan untuk melihat satu aspek dari kemampuan siswa yaitu berpikir kritis. Berpikir kritis diperlukan untuk memeriksa kebenaran dari suatu informasi, sehingga dapat memutuskan informasi tersebut layak diterima atau ditolak. Selain itu, siswa yang mampu berpikir kritis akan mampu menyelesaikan masalah secara efektif, berpikir kritis adalah berpikir logis dan reflektif yang difokuskan pada pengambilan keputusan yang akan dilakukan, berpikir kritis merupakan bagian yang tidak bisa dipisahkan dari pendidikan dan berpikir kritis merupakan kemampuan kognitif yang sangat penting (Ennis dalam Rian Priyadi, 2018).

Angelo dalam Jubaidah (2010), mengidentifikasi lima perilaku yang sistematis dalam berpikir kritis diantaranya adalah keterampilan menganalisis, keterampilan mensintesis, keterampilan mengenal dan memecahkan masalah, dan keterampilan menyimpulkan.

Oleh karena itu penting untuk diasah agar siswa dituntun dapat memiliki kemampuan cara berfikir kritis dalam memahami pembelajaran dengan baik sehingga mampu menelaah konsep fisika atau memecahkan masalah dan menyelesaikan secara sistematis dan terukur. Untuk membantu mengatasi hal tersebut dalam pembelajaran fisika sangat dibutuhkan media yang mampu memberikan stimulus terhadap daya berpikir siswa yaitu alat ukur kecepatan gerak benda menggunakan sensor infrared berbasis arduino. Sistem pengukuran besaran gerak lurus dapat dibuat menggunakan sensor infrared yang terintegrasi dengan Arduino Uno untuk komunikasi data antara sensor dengan perangkat komputer sebagai display data besaran gerak lurus.

Penggunaan timer otomatis menggunakan sensor lebih tepat untuk menghitung waktu rata-rata benda (Mardiansyah, dkk. 2022). Sistem sensor *Infrared* (IR) komponen elektronik berfungsi sebagai media untuk komunikasi data antara *receiver* dan *transmitter*. Sistem akan bekerja jika sinar infra merah yang dipancarkan terhalang oleh suatu benda yang mengakibatkan sinar infra merah tersebut tidak dapat terdeteksi oleh penerima. Keuntungan atau manfaat dari sistem ini dalam penerapannya antara lain sebagai pengendali jarak. Pemancar pada sistem ini terdiri atas sebuah *Light Emitting Diode* (LED) infra merah yang dilengkapi dengan rangkaian yang mampu membangkitkan data untuk dikirimkan melalui sinar infra merah, sedangkan pada bagian penerima biasanya terdapat foto transistor, foto diode, atau infra merah *module* yang berfungsi untuk menerima sinar infra merah yang dikirimkan oleh pemancar (Ramadhan, 2022).

Pembelajaran dengan bantuan media teknologi berbasis sensor dilakukan agar tercipta pemahaman yang menyeluruh secara teori maupun penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Pemahaman teori yang mendalam tentunya didukung oleh bukti nyata agar pembelajaran lebih bermakna (Wahyun & Sulisworo, 2020).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian *pre eksperimen* (Adnan, G., & Latief, 2020), desain ini dilakukan karena populasi yang minim hanya terdiri dari satu kelas dengan jumlah 30 siswa. Metode penelitian dilakukan dengan cara pemberian tes awal kemudian tindakan pembelajaran menggunakan media sensor infrared berbasis Arduino sebagai alat pengukur kecepatan gerak benda dan disertai pengamatan menggunakan instrumen angket, kemudian dilakukan posttest.

Data diperoleh dari hasil pretest, posttest berupa soal-soal berfikir kritis, dan angket berfikir kritis berdasar dari Angelo dalam Jubaidah. Data angket berfikir kritis menggunakan transformasi skala *Likert* dengan poin 1 sampai dengan 4. Kriteria 1 = tidak baik, 2 = kurang baik, 3 = cukup baik, dan 4 = baik, (Taufik, dkk, 2022). Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung persentase sebagai berikut:

$$P = \frac{f}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Angka Persentase

f = Skor yang diperoleh

N = Jumlah frekuensi atau skor maksimal

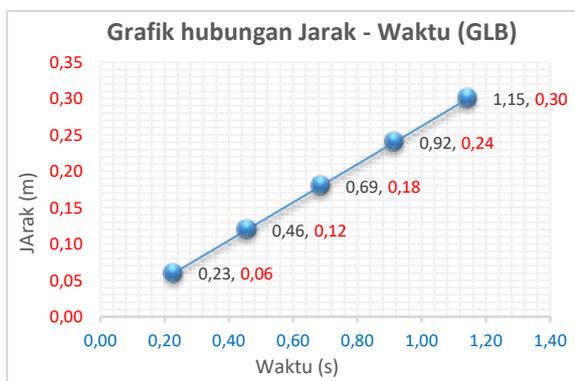
Untuk analisis signifikansi data dianalisis menggunakan T-Test one group desain atau uji paired (Arikunto, 2010).

$$t = \frac{Md}{\sqrt{\frac{\sum X^2 d}{N(N-1)}}}$$

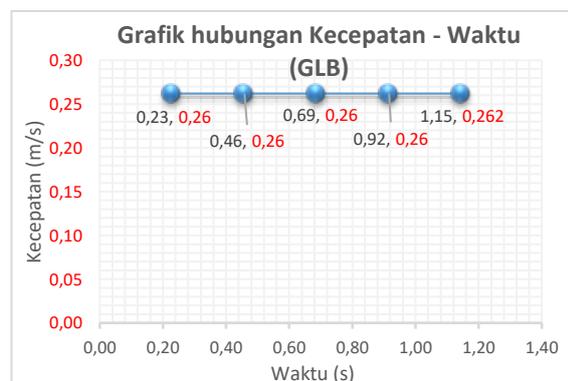
- Md = Mean dari gain Pree-test dengan post-test
- Xd = Deviasi masing-masing subyek (d-Md)
- X<sup>2</sup>d = jumlah kuadrat deviasi
- N = Subyek pada sampel
- d.b = ditentukan N-1

## HASIL DAN PEMBAHASAN

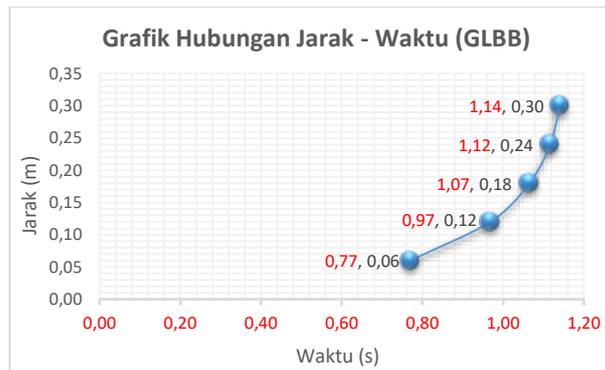
Penggunaan alat sensor infrared berbasis Arduino pengukur kecepatan gerak benda sebagai media pembelajaran fisika materi GLB dan GLBB guna merangsang kemampuan berpikir kritis siswa. Keadaan sekolah tempat dilakukan penelitian adalah sekolah SMK Kelautan pinggir utara Kota Bima daerah pesisir pantai yang mayoritas siswa adalah anak nelayan. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada siswa kelas XI dengan jumlah populasi dan sekaligus dijadikan sebagai sampel penelitian terdiri dari 30 orang siswa. Pemilihan sampel pada kelas XI dengan alasan di semester sebelumnya siswa sudah pernah mempelajari tentang GLB dan GLBB, dengan asumsi siswa sudah memiliki gambaran pengetahuan tentang materi yang disampaikan. Kegiatan diawali dengan pemberian soal-soal muatan berpikir kritis sebagai instrumen tes kemampuan awal siswa. Soal-soal test kemampuan berpikir siswa berupa tes uraian sejumlah 10 soal, 3 soal untuk kemampuan menganalisis, 2 soal untuk kemampuan mensintesis, 3 soal untuk mengenal dan memecahkan masalah, 2 soal untuk kemampuan menyimpulkan. Kegiatan belajar mengajar dilakukan penyampaian konsep dasar GLB dan GLBB disertai kegiatan pengamatan langsung menggunakan alat sensor infrared berbasis Arduino pengukur kecepatan gerak benda. Siswa mempelajari dan mengamati proses gerak benda, belajar menganalisis, membandingkan antara GLB dengan GLBB dan membuat grafik berdasar nilai yang dimunculkan oleh alat ukur sensor pada layar komputer. Hasil data pengamatan siswa setelah dianalisis menggunakan microsoft excel sebagai contoh dapat ditunjukkan seperti gambar di bawah ini:



(a)



(b)



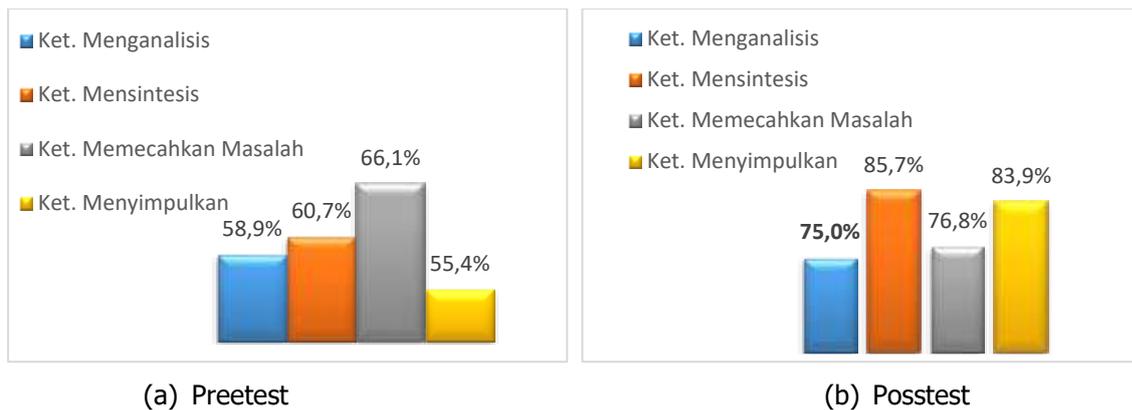
(c)

Gambar 3. Contoh hasil pengamatan siswa menggunakan alat ukur infrared GLB dan GLBB

Grafik di atas memberi gambaran mempermudah pemahaman siswa dan memberi stimulus daya pikir siswa dari bentuk proses perpindahan benda (mobil-mobilan) pada sebuah rel mulai kecepatan awal dari titik ke titik dimana sensor infrared diletakkan. Terdiri dari lima buah sensor infrared diletakkan berjejer lurus rel dengan jarak yang sama diantara sensor yang ada dan setiap sensor membaca data kecepatan benda sehingga terbaca sejumlah data disetiap titik letak sensor. Gambar grafik (a) merupakan GLB dimana perpindahan benda dari infra merah pertama disetiap titik sampai dengan yang ke-lima atau gerak benda sepanjang lintasan menunjukkan selisih waktu yang sama yaitu 0,23 sekon, artinya tidak terdapat perubahan percepatan sepanjang lintasan sama dengan nol. Demikian juga dengan gambar grafik (b) menunjukkan kecepatan benda yang konstan sama dengan 0,262 m/s diantara titik-titik letak sensor yang jaraknya sama yaitu 0,06 m.

Sedangkan gambar grafik (c) dengan melakukan perubahan seting letak rel sedikit mendatar agar terjadi perubahan kecepatan benda (mobil-mobilan) menjadi GLBB sebagai pembeda dengan GLB agar dengan mudah siswa memahami karakteristik hasil atau grafik yang akan ditampilkan berdasar nilai yang dibaca oleh sensor infrared. Grafik (c) di atas yang merupakan hubungan waktu dengan jarak, memberi penjelasan kepada siswa bahwa setiap perpindahan benda diantara titik letak sensor dengan jarak yang masing-masing sama terjadi perubahan kecepatan dan juga pengaruh juga pada perubahan waktu yang artinya ada perubahan percepatan disepanjang perpindahan benda yaitu dari titik star ke sensor pertama membutuhkan waktu 0,77 sekon dan kecepatan 0,078 m/s, dari sensor pertama sampai ke-dua 0,20 sekon dan kecepatan 0,124 m/s, dari sensor ke-dua sampai ke-tiga 0,10 sekon dan kecepatan 0,169 m/s, dari sensor ke-tiga sampai ke-empat 0,05 sekon dan kecepatan 0,215 m/s dan dari sensor ke-empat sampai ke-lima 0,02 sekon dan kecepatan 0,263 m/s, sehingga membentuk grafik dalam bentuk kuadrat.

Setelah perlakuan proses pembelajaran menggunakan media alat sensor infrared berbasis arduino, sebagai kegiatan akhir dari penelitian dilakukan postest untuk tes kemampuan akhir berpikir kritis siswa dengan pemberian soal uraian yang sama sebagaimana soal uraian preetes. Pembelajaran dengan bantuan media alat ukur infrared selama proses kegiatan berlangsung hasil analisis tingkat berpikir kritis siswa sebagaimana gambar grafik di bawah ini:



Gambar 4. Grafik hasil analisis kemampuan berpikir kritis siswa (a) Preetest dan (b) Posttest

Grafik di atas merupakan hasil analisis dari jawaban-jawaban siswa dari soal-soal pretes dan postes yang muatan berfikir kritis yang kemudian dicocokkan dengan kisi-kisi instrumen kemampuan berpikir kritis dari Angelo yang terdiri dari kemampuan menganalisis, kemampuan mensintesis, kemampuan mengenal dan memecahkan masalah, dan kemampuan menyimpulkan. Grafik (a) di atas menunjukkan pada kemampuan analisis dari jawaban siswa pada saat preetes sebesar 58,9 %, hasil ini saat dilakukan analisis sebagian besar kemampuan siswa belum ada yang mencapai skor maksimal dan masih sangat rendah, sedangkan pada grafik (b) meningkat menjadi 75% menunjukkan beberapa siswa sudah mulai paham cara menghubungkan variabel-variabel konsep materi pelajarannya. Selanjutnya pada kemampuan mensistesis pada preetest 60,7%, pada persentase ini dari jawaban siswa rata-rata pada kategori cukup namun belum ada yang mendapatkan skor jawaban yang maksimal, pada postes secara rata-rata persentase meningkat 85,7%, beberapa siswa mampu menjawab soal-soal berdasarkan pengalam yang sering dialami dan dilihat hal yang berkaitan dengan konsep fisika yang ditanya pada kehidupan sehari-hari. Pada kemampuan mengenal dan pemecahan masalah saat preetest persentase rata-rata 66,1% dan pada postest 76,8%, pada indikator ini siswa cukup mampu menyelesaikan pertanyaan-pertanyaan yang sifatnya hitungan penyelesaian berdasarkan rumus-rumus fisika, hal ini secara peningkatan tidak terlalu tinggi hanya 10% dari keseluruhan siswa yang ada peningkatan. Selanjutnya pada kemampuan menyimpulkan pada preetest persentase siswa yang mampu memberikan jawaban pertanyaan simpulan sebesar 55,4%, pada postest rata-rata persentasenya 83,9%, hal ini dapat dilihat sebagian besar siswa sudah mampu memberikan simpulan dari dari apa yang mereka lakukan dan amati secara langsung setelah pembelajaran dengan bantuan media pembelajaran.

Pada penelitian ini secara umum rata-rata keseluruhan kemampuan berfikir kritis siswa dapat konfirmasi dari hasil analisis uji signifikansi sebagaimana tabel di bawah ini:

	<i>Post-test</i>	<i>Pree-test</i>
Mean	81.8	60.9
Variance	73.8	192.7
Observations	30	30
df	29	
t Stat	7.42	$\leq T_{Hitung}$
t Critical two-tail	2.05	$\leq T_{Tabel}$

Tabel di atas dapat dilihat data statistik uji paired untuk mengetahui tingkat signifikansi dengan rata-rata pretest 60,9 dan rata-rata postes 81,8. Sedangkan pada uji hipotesis statistiknya 7,42 dan t-tabel sebagai perbandingan pada critikal two-tail 2,05, ini berarti ada peningkatan secara signifikan pada penelitian menggunakan media alat ukur kecepatan infrared berbasis arduino untuk materi GLB dan GLBB pada siswa SMK.

Kemampuan berfikir kritis siswa berdasarkan empat kriteria di atas tentu masih ada sebagian kecil siswa yang belum secara maksimal memahami apa yang dipelajarinya dapat dilihat dari persentase kemampuan siswa yang skala peningkatannya dalam kategori cukup, karena pembelajaran fisika siswa perlu dimotivasi terus secara kontinu, hal-hal yang dirasa kurang saat melakukan proses pembelajaran terutama pada saat siswa menggunakan alat secara mandiri meskipun sudah dibagikan petunjuk penggunaan dan langkah-langkah pengamatan, siswa masih merasa kesulitan melakukan setingan alat dan butuh dibimbing dan dipandu dengan intens. Salah satu cara untuk memotivasi siswa untuk meningkatkan keterampilan siswa dengan menyajikan media-media pembelajaran yang merangsang daya pikir siswa. Penggunaan media sangat membantu kegiatan belajar mengajar baik itu untuk guru dalam menyampaikan informasi maupun siswa dalam memahami dan menguji keabsahan sebuah konsep fisika. Keunggulan penggunaan media alat ukur seperti sensor infrared berbasis android dikarenakan dapat mengaktifkan siswa untuk belajar karena ketertarikan pada sistem media yang mampu menyuguhkan tampilan hasil yang real, valid dan akurat. Selain dari pada itu penggunaan media berbasis arduino juga sebagaimana penelitian (Aris Doyan, dkk. 2022) berdasarkan hasil analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa media pembelajaran (arduino) yang dikembangkan praktis digunakan dalam pembelajaran. (Sanjaya, 2013) menyatakan bahwa pembelajaran yang menggunakan media interaktif dan berbasis komputer memiliki nilai lebih, dibandingkan dengan bahan pembelajaran konvensional.

## **PENUTUP**

Penggunaan media alat ukur kecepatan untuk materi GLB-GLBB untuk siswa kelas XI SMK dalam penelitian ini dapat meningkatkan dan mempengaruhi kemampuan berfikir kritis siswa. Penggunaan media berbasis teknologi seperti arduino perlunya pendampingan intens dan dipandu khusus bagi siswa yang baru mengenal teknologi. Disarankan bagi guru untuk terus berinovasi dalam penggunaan media pembelajaran salah satu sebagai contoh rujukan yaitu media sensor infrared pengukur kecepatan pada penelitian ini.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih kepada teman-teman yang ikut membantu dalam penyusunan artikel ini, kepada Kepala sekolah dan guru-guru SMK Kelautan Kota Bima yang memfasilitasi jalanya penelitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Adnan, G., & Latief, M. A. (2020). *Metode Penelitian Pendidikan: Penelitian Kuantitatif, Penelitian Kualitatif, Penelitian Tindakan Kelas*. Yogyakarta: Erhaka Utama
- Aldila, F.T., Marisa, M. M., Wicaksono, L. (2020). Identifikasi Minat Belajar Siswa Terhadap Mata Pelajaran Fisika Di SMAN 1 Muaro Jambi. *Journal of Science Education And Practice. Volume 4 Nomor 2. Hal. 22-21.*

- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian (Suatu Pendekatan Praktik)*. Jakarta: Rineka Cipta
- Doyan, A., Khairunnisa, D. S., & Zuhdi, M. (2022). Pengembangan Media Alat Ukur Percepatan Gravitasi Berbasis Arduino Nano untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Kappa Journal*, 6(2), 240-257.
- Giancoli, D. C. (2001). *Fisika edisi kelima jilid 1*. Jakarta: Erlangga
- Hutagalung, S. N., & Parinduri, I. (2021). Pembelajaran Fisika Dasar Menggunakan Modells X 04.05 Di Universitas Budi Darma. In *SINASIS (Seminar Nasional Sains) 1 (Vol. 2, No. 1)*.
- Kause, M. C., & Lestari, W. (2021). Rancang Bangun Alat Ukur Energi Mekanik Pada Kasus Gerak Jatuh Bebas Bagi Siswa Berbasis Arduino. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(1), 40-47.
- Mardiansyah Y., Rahman T., Hernando L., Meldra D., (2022). Rancang Bangun Praktikum Gerak Menggelinding Pada Bidang Miring Berbasis Sensor Arduinomikro Untuk Menentukan Konstanta Inersia. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) FKIP UM Metro Vol. 10, No. 1, pp. 62-73*
- Priyadi, R., Mustajab, A., Tatsar, M. Z., & Kusairi, S. (2018). Analisis kemampuan berpikir kritis siswa SMA kelas X MIPA dalam pembelajaran fisika. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, 6 (1), 53-55.
- Raidil, M., Damris, D., Syahri, W., & Triansyah, F. A. (2023). Pengaruh Model Team Assisted Individulization dan Self Efficacy terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Materi Asam Basa. *JIIP-Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 6 (3), 1747-1753.
- Ramadhan, B. N. (2022). Analisa Pengaturan Kecepatan Terhadap Perubahan Frekuensi Pada Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis VSD: Analysis Control Speed Of Frequency Changes In Three Phase Induction Motor Based On VSD. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy (IJEERE)*, 2(2), 70-77.
- Riani, L. (2008). *Diktat Kuliah "Fisika Dasar 1"*. Bandung: Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer – Unikom.
- Sanjaya, W. (2013). *Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Jakarta: Kencana.
- Siswono, T. Y. E. (2016). Berpikir kritis dan berpikir kreatif sebagai fokus pembelajaran matematika. In *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika (Vol. 5, No. 1, pp. 11-26)*.
- Taufik, M., & Doyan, A. (2022). Pengembangan media pembelajaran fisika berbasis google sites untuk meningkatkan kemampuan penguasaan konsep dan berpikir kritis peserta didik SMA. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(3), 1167-1173.
- Wahyun, M. E., & Sulisworo, D. (2020). The Utilization of Sensors on Smartphone to Determine the Coefficient of Kinetic Friction with the Inclined Plane in Supporting Physics Learning. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(5), 5350.
- Yuwono, G.R., Mahardika, I.K., Agus, A. G., (2016). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa (Kemampuan Representasi Verbal, Gambar, Matematis, Dan Grafik) Di SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika FKIP Universitas Jember Vol 5 No 1*
- Zubaidah, S. (2010). Berpikir Kritis: kemampuan berpikir tingkat tinggi yang dapat dikembangkan melalui pembelajaran sains. In *Makalah Seminar Nasional Sains dengan Tema Optimalisasi Sains untuk memberdayakan Manusia. Pascasarjana Unesa (Vol. 16, No. 1, pp. 1-14)*.