

Eksplorasi Konsep Fisika Pada Permainan Lempar Bola Secara Vertikal dengan Bantuan Aplikasi *Tracker*

Mohd Zaidi Bin
Amiruddin¹ (*)
Mohdzaidi.19079@mhs.unes
a.ac.id

Abstrak: Kurangnya pemahaman fisika peserta didik pada gerak vertikal ke atas dikarenakan hanya diberikan materi secara umum. Hal ini diperparah dengan pembelajaran yang berlaku secara daring akibat Covid-19. Namun, dengan perkembangan teknologi ternyata banyak sekali yang bisa diintegrasikan antara satu dengan yang lain. Salah satunya permainan lempar bola dengan konsep fisika. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi konsep dan membuktikan teoritik fisika yang terdapat pada permainan lempar bola ke atas. Metode penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif kuantitatif. Penelitian ini menggunakan jenis deskriptif kuantitatif dengan metode analisis video yang dimasukkan ke dalam aplikasi *tracker* dimana hasil analisis video tersebut memaparkan data matematis pada grafik yang muncul di layar aplikasi tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan adanya bantuan aplikasi *tracker* dan contoh nyata dalam kehidupan sehari – hari ternyata dapat mengeksplorasi konsep dan membuktikan teoritik fisika yang ada pada gerak vertikal ke atas. Selain itu, data percobaan yang diperoleh ternyata linear dengan hasil percobaan para ahli sebelumnya pada gerak vertikal ke atas. Kemudian data yang dihasilkan lebih valid dibandingkan dengan cara percobaan yang konvensional. Dengan begitu, dapat disimpulkan bahwa adanya aplikasi *tracker* dan contoh nyata dalam kehidupan sehari – hari dapat menjadi media pembelajaran yang inovatif untuk menggali membuktikan konsep fisika secara teoritik. Kedepannya, perlu adanya penelitian lanjutan untuk membuktikan apakah aplikasi ini benar benar efektif untuk menemukan konsep fisika pada sub materi yang lain khususnya pada benda yang bergerak.

Kata Kunci: Aplikasi *Tracker*, Eksplorasi, Konsep fisika, Permainan

¹Universitas Negeri
Surabaya

Corresponding author (*)

Abstract: *The lack of understanding of students' physics in vertical upward motion is because they are only given general material. This is exacerbated by online learning due to Covid-19. However, with the development of technology, it turns out that there are many things that can be integrated with one another. One of them is a ball throwing game with the concept of physics. This study aims to explore the concept and prove the theoretical physics contained in the game of throwing the ball up. This research method uses quantitative descriptive research. This study uses a quantitative descriptive type with a video analysis method that is entered into the tracker application where the results of the video analysis present mathematical data on the graphs that appear on the application screen. The results of this study indicate that with the help of the tracker application and real examples in everyday life, it turns out that they can explore concepts and prove theoretical physics that exist in vertical upward motion. In addition, the experimental data obtained turned out to be linear with the results of previous experiments by experts on vertical upward motion. Then the resulting data is more valid than the conventional experimental method. That way, it can be concluded that the existence of a tracker application and real examples in everyday life can be an innovative learning medium to explore theoretically proving the*

concept of physics. In the future, further research is needed to prove whether this application is really effective for finding physics concepts in other sub-materials, especially in moving objects.

Keywords: *Tracker Application, Exploration Physics Concepts, Games*

PENDAHULUAN

Kondisi di era Covid-19 saat ini menjadi salah satu masalah yang sangat besar untuk semua sektor, khususnya pada sektor pendidikan. Salah satu contoh permasalahan dalam dunia pendidikan yaitu kurangnya pemahaman peserta didik dalam subjek pembelajaran yang dipelajari terkhusus pada pembelajaran fisika. Hal ini terbukti melalui hasil riset yang dilakukan oleh Napsawati (2020), yang menyatakan bahwa peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami materi pembelajaran selama adanya Covid-19. Apalagi pada pembelajaran praktikum fisika yang sangat sulit untuk dilakukan di era Covid-19. Keakuratan data menjadi masalah yang sering dialami peserta didik dalam mengumpulkan data karena berbagai keterbatasan, namun dengan perkembangan teknologi dapat membantu pendidik dan peserta didik untuk melakukan pembelajaran berbasis metode ilmiah dalam IPA khususnya fisika.

Pada saat ini para pendidik sudah mulai mendapatkan akses untuk menggunakan berbagai macam teknologi guna meningkatkan efektifitas proses belajar dan mengajar (Wasono dkk., 2017). Komputer/laptop sebagai salah satu produk teknologi dinilai tepat digunakan sebagai alat bantu pembelajaran. Komputer/laptop dapat digunakan untuk mengunduh aplikasi dalam upaya menunjang pembelajaran (Gunawan dan Amaludin, 2021). Salah satu aplikasi yang dapat digunakan dalam pembelajaran berbasis metode ilmiah adalah aplikasi *Tracker*. *Tracker* merupakan sebuah aplikasi tidak berbayar yang dapat digunakan untuk menganalisis video (Afifah dkk., 2015). Dengan begitu, perlu adanya kolaborasi antara lingkungan sekitar dan teknologi aplikasi *Tracker* dalam upaya memaksimalkan pembelajaran fisika di era Covid-19.

Program pengajaran berbantuan aplikasi TAV (*Tracker Analysis Video*) yang bisa diperoleh lewat komputer. Simulasi

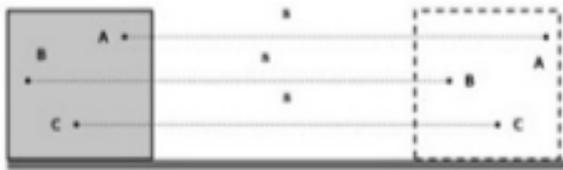
mengenai lingkungan nyata (*virtual reality*) yang dibuat oleh komputer, dan pengguna dapat berinteraksi dengan hasil yang menampilkan isi dari kenyataan lingkungan tersebut (Anggoro, 2018). Kenyataan virtual atau sering disebut dengan (*virtual reality*) merupakan suatu format interaksi manusia komputer di mana suatu lingkungan nyata atau khayal disimulasikan dan para pemakai dapat berhubungan dan menggerakkan dunia itu. Dalam hal ini kenyataan yang dirasakan peserta didik berupa hasil video yang direkam kemudian dianalisis menggunakan aplikasi *Tracker*.

Aplikasi *Tracker Analysis Video* (TAV) merupakan aplikasi yang digunakan untuk membantu pengguna dalam menganalisis video yang telah direkam (Wee dkk., 2015). Selain itu, *tracker* merupakan aplikasi yang hanya dapat digunakan untuk melakukan analisis pada gerak yang terdapat dalam sebuah video (Yulkifli dan Ramli, 2018 ; Habibulloh dan Madlazim, 2014). *Tracker Analysis Video* (TAV) juga dapat memberikan hasil analisis yang bersifat matematis sehingga data-data yang diperoleh akan sangat baik sesuai dengan kemampuan seseorang menggunakan aplikasi tersebut. Sesuai dengan asumsi dari (Jaya, 2013) menyatakan bahwa adanya aplikasi semacam (*virtual reality*) ini sangat membantu siswa maupun mahasiswa dalam melakukan pembelajaran *online* khususnya pada pembelajaran praktikum yang dilakukan di rumah.

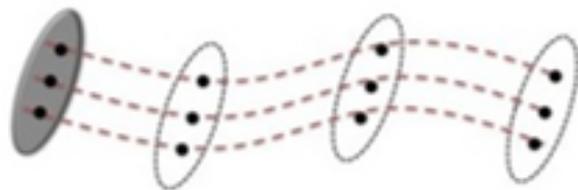
Dalam penggunaan aplikasi *tracker* terdapat prosedur untuk menganalisis video yang telah direkam seperti berikut: (1) merekam video dengan menggunakan kamera HP atau sejenisnya untuk gerak benda yang akan dianalisis dengan aplikasi video *tracker*, (2) *upload/Import* video di *tracker*, (3) *set frame*, (4) kalibrasi *stick*, (5) setting sumbu x dan y, (6) menentukan point massa dari benda yang dianalisis pada video, (7) analisis gerak benda dengan perintah *autotrack* atau secara manual (Setyawaro, 2019).

Oleh karena itu, dimanfaatkanlah aplikasi *Tracker Analysis Video* (TAV) sebagai upaya dalam melakukan eksplorasi konsep fisika yang terdapat pada gerak translasi yaitu gerak vertikal ke atas dengan menggunakan bola yang dibuat dengan massa yang berbeda beda.

Menurut Swandi dkk (2021) Gerak translasi merupakan gerak dari suatu benda dengan bentuk dan lintasan yang sama di setiap titikny, dapat berupa vertikal atau horizontal. Sebuah benda dapat dikatakan melakukan gerak translasi (pergeseran) apabila setiap titik yang ditempuh berupa garis lurus. Lintasan garis lurus tersebut dapat berupa garis lurus tunggal atau berulang-ulang, yang bolak balik. Hal ini terjadi karena syarat sebuah gerak translasi adalah "setiap titik pada benda tersebut menempuh lintasan dan bentuk yang sama". Berikut ilustrasi gerak translasi:



Gambar 1. Gerak translasi dengan lintasan lurus

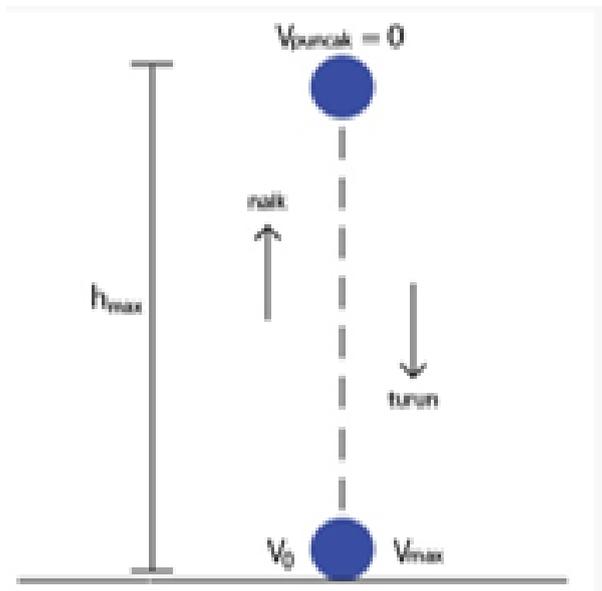


Gambar 2. Gerak translasi dengan lintasan melengkung

Adapun macam-macam gerak translasi meliputi gerak lurus, gerak vertikal (keatas atau kebawah atau berulang-ulang pada arah ini). Gerak lurus dibagi atas gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB) (Sarojo, 2014; Aip dkk, 2018) . Menurut Agustinasari dan Sumarni (2021) Gerak vertikal adalah gerak suatu benda yang dilempar tegak lurus ke bawah atau ke atas dengan kecepatan awal tertentu ($V_0 \neq 0$). Gerak vertikal memiliki percepatan konstan (tetap) yang nilainya sama dengan percepatan gravitasi bumi (g).

Terdapat dua macam gerak vertikal yang dibedakan berdasarkan arah lemparan bendanya, salah satunya yaitu gerak vertikal ke atas. Seperti namanya, gerak vertikal ke atas adalah gerak suatu benda yang dilempar tegak lurus ke atas dengan kecepatan awal tertentu ($V_0 \neq 0$). Kecepatan awal ini akan mempengaruhi tinggi maksimum yang dapat ditempuh oleh benda tersebut. Semakin besar kecepatan awalnya, maka semakin tinggi pula ketinggian maksimumnya. Gerak vertikal ke atas merupakan gerak diperlambat karena semakin ke atas, kecepatannya akan semakin berkurang. Kecepatan benda akan terus berkurang sampai mencapai titik nol, yaitu pada titik tertinggi. Selain itu, jika arah geraknya ke atas, maka $a = -g$ karena berlawanan dengan gravitasi bumi (Sutarno, 2013).

Pada saat benda berada di ketinggian maksimum, benda tersebut akan diam sejenak walau dengan waktu yang sangat singkat. Sehingga kecepatan benda saat di ketinggian maksimum sama dengan nol. Ilustrasi Gerak Vertikal ke Atas dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Ilustrasi Gerak Vertikal ke Atas

Suatu benda dikatakan bergerak vertikal ke atas jika menunjukkan ciri-ciri sebagai berikut. (1) Benda bergerak dengan lintasan berupa garis lurus dalam arah

vertikal. (2) Benda bergerak dari titik terendah ke titik tertinggi. (3) Kecepatan benda berubah secara teratur (semakin menurun). (4) Kecepatan benda pada titik tertinggi (ketinggian maksimum) sama dengan nol. (5) Benda mengalami perlambatan ($a=-g$). Secara sistematis, terdapat rumus-rumus yang berlaku pada gerak vertikal ke atas yaitu sebagai berikut.

$$t_{naik} = t_{turun} = \frac{V_0}{g}$$

$$t_{naik} = t_{turun} = \frac{2V_0}{g}$$

$$h_{maks} = \frac{V_0^2}{2g}$$

Keterangan :

- t_{naik} : waktu dari tanah ke ketinggian maksimum (s)
 t_{turun} : waktu dari ketinggian maksimum ke tanah (s)
 V_0 : kecepatan awal (m/s)
 g : percepatan gravitasi (m/s^2)
 h_{maks} : ketinggian maksimum (m)

Berdasarkan uraian di atas, peneliti menyadari bahwa pentingnya teknologi dalam pembelajaran yang berlaku saat ini khususnya di era Covid-19 dalam mendukung akurasi pengumpulan data sebagai bagian dari metode ilmiah terutama pada praktik dan pembelajaran fisika.

Di sisi lain juga sangat penting memberikan contoh real dari konsep – konsep fisika yang ada. Dengan demikian, dipandang penting untuk melakukan penelitian dengan topik “Eksplorasi Konsep Fisika Pada Permainan Lempar Bola Secara Vertikal Dengan Bantuan Aplikasi *Tracker*”

METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Pada jenis penelitian kuantitatif peneliti mengamati video yang dimasukkan ke aplikasi *tracker* yang mana hasil video tersebut mendapatkan konsep fisika secara matematis pada grafik

yang muncul di layar aplikasi tersebut. Tahap penelitian yang dilakukan yaitu: pengumpulan informasi tentang konsep fisika yang terdapat pada sebuah permainan lempar bola, memilih informasi yang relevan dengan pembelajaran fisika, menganalisis besaran-besaran fisika yang terdapat pada permainan lempar bola secara vertikal, lalu rumusan hasil kajian. Sasaran pada penelitian ini yaitu GLV pada permainan lempar bola ke atas.

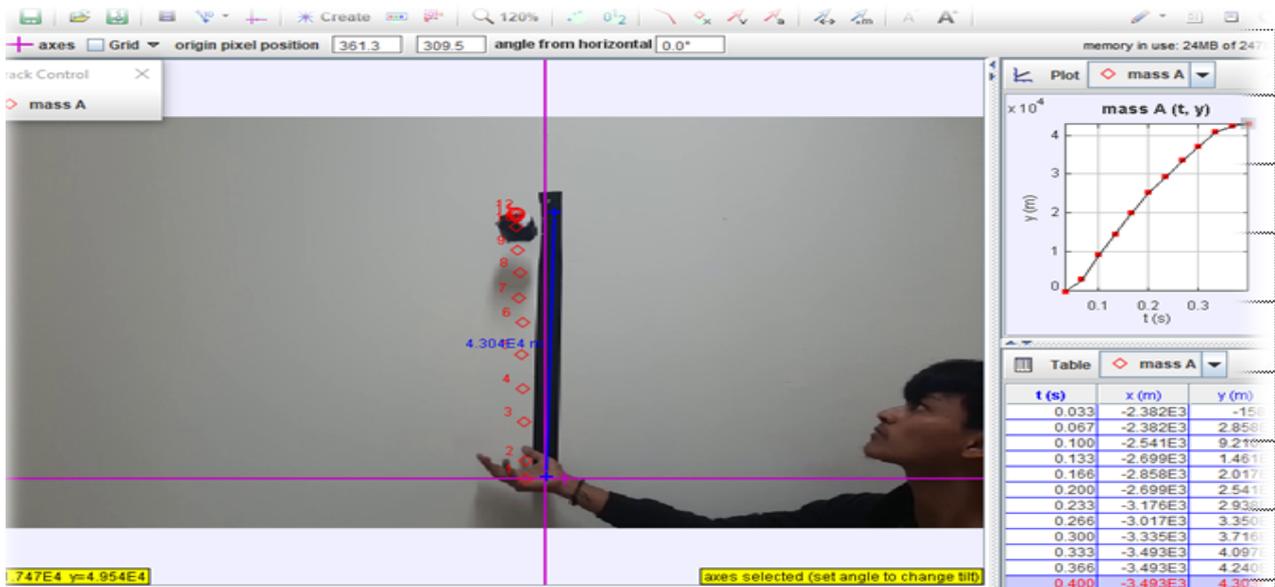
Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, metode eksperimen dengan menganalisis video yang diupload pada aplikasi *tracker* dan metode observasi ini digunakan untuk mendapatkan informasi dan menganalisis mengenai Gerak Vertikal ke atas. Selain itu, metode analisis data yang digunakan terdapat dua metode, yaitu: analisis informasi dari video yang diupload pada aplikasi *tracker* dan analisis informasi dari studi literatur untuk mengkaji lebih dalam konsep fisika.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini dideskripsikan proses pengambilan data pada aplikasi *tracker* dan data-data yang diperoleh disajikan pada gambar 4.

Gambar 4 merupakan kegiatan pembuatan video untuk mengambil data gerak vertikal ke atas menggunakan sebuah bola yang dilemparkan ke atas. Pada proses pembuatan video, sama halnya dengan membuat video seperti umumnya, namun hanya saja peneliti harus membuat lintasan yang berbeda warna dengan bola atau objek yang digunakan dalam kata lain objek yang akan dianalisis harus berbeda warnanya dengan latar belakang video yang akan dibuat. Hal ini dilakukan agar ketika video dimasukkan ke aplikasi *tracker*, maka video tersebut dapat terbaca dan dapat menghasilkan data yang diperlukan.

Setelah pembuatan video selesai, proses selanjutnya yaitu memasukkan video tersebut ke dalam aplikasi *tracker* untuk mulai menganalisis video tersebut. Dalam kegiatan ini, terdapat beberapa tahap yang harus dilakukan oleh peneliti sehingga data yang diperoleh nantinya benar benar valid.



Gambar 4. Percobaan melemparkan bola ke atas dan grafik hasil percobaan yang terbaca pada aplikasi Tracker

Jika diamati dengan rinci pada Gambar 4 terlihat ada dua garis yang berbeda warna. Pada garis berwarna biru merupakan garis yang digunakan untuk mengkalibrasi lintasan mana saja yang digunakan nantinya. Kalibrasi diperlukan untuk menentukan titik nol pada koordinat sumbu x dan y. Selain itu terdapat garis berwarna ungu muda yang berfungsi untuk menentukan sumbu x dan y sehingga tidak terjadi kesalahan dalam pembacaan grafik nantinya. Tambahkan lagi, terlihat ada bentuk bulat berwarna merah dan diikuti dengan angka ketika bola tersebut ditempatkan. Hal ini menandakan bahwa pergerakan tersebut telah terdeteksi oleh sistem aplikasi tracker dalam membaca data yang kemudian diintegrasikan ke bentuk grafik. Dalam proses tracking terdapat dua cara yaitu manual dan autotrack. tracking manual dilakukan dengan cara menentukan setiap lintasan yang dilalui

oleh benda yang bergerak, sedangkan cara autotrack hanya cukup menentukan titik awal dan titik akhir dari gerakan benda. Dengan begitu, dalam upaya membaca grafik lebih baik menggunakan jenis autotrack karena konsisten dalam pembacaan gerakannya, namun ketika tracking dilakukan secara manual, maka peneliti harus benar benar melihat cara dan posisi gerak benda setiap pergerakannya untuk mendapatkan data yang baik dan valid.

Pada saat pengambilan data, gerak yang diambil hanyalah gerak vertikal keatas saja yang mana saat bola dilemparkan dari titik awal menuju titik akhir yaitu tepat pada titik maksimum. Berdasarkan percobaan yang dilakukan dan dianalisis menggunakan aplikasi Tracker diperoleh data gerak bola tersebut seperti berikut.

Tabel 1 Hasil Data Percobaan Melempar Bola

No	Jenis Benda	Massa Benda (gram)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Ketinggian (m)
1	Bola	20	0,033	0	10,11
			0,067	14,07	10,12
			0,1	17,65	10,14
			0,133	10,64	10,58
			0,166	16,21	20,14
			0,2	10,38	20,66
			0,233	12,16	30,06

No	Jenis Benda	Massa Benda (gram)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Ketinggian (m)
			0,266	11,68	30,47
			0,3	11,21	30,84
			0,33	7,87	40,22
			0,36	3,99	40,36
			0,4	0	40,43

Berdasarkan data percobaan yang telah dilakukan terlihat beberapa hubungan yang terjadi diantaranya, waktu (s), kecepatan (m/s), dan ketinggian (m). Setelah itu, data percobaan tersebut dibandingkan dengan teori fisika yang selama ini digunakan. Pada percobaan menggunakan aplikasi *Tracker* diperoleh persamaan yang tertulis $y = At + B$. Persamaan ini jika dianalisis lebih dalam memiliki kesamaan pada persamaan garis singgung yaitu $y = mx+c$ (Tambunan, 2020). Hal ini pastinya berhubungan dengan komponen-komponen yang telah disebutkan sebelumnya karena percobaan yang dilakukan membentuk grafik. Setelah itu, peneliti mencari hubungannya dengan konsep fisika gerak vertikal ke atas. Menurut Yuningsih dan Sardjito (2020), terdapat satu konsep mekanika yang sangat populer baik secara teoritis maupun eksperimen yaitu materi gerak. Hal ini karena terdapat beberapa perbedaan antara gerak vertikal keatas dan gerak vertikal ke bawah. Dalam hal ini, peneliti lebih berfokus pada gerak vertikal ke atas sesuai dengan hasil data percobaan yang telah dilakukan.

Menurut Handayani dan Damari (2009), pada gerak vertikal ke atas termasuk GLBB diperlambat beraturan dengan kecepatan awal V_0 dan perlambatan sama dengan percepatan gravitasi ($a = -g$). Dengan begitu berlaku persamaan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 V_t &= V_0 - g \cdot t \\
 Vt^2 &= V_0^2 - 2 \cdot G \cdot h \\
 h &= V_0 \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2 \\
 h_{max} &= V_0^2 / 2g \\
 t_{max} &= V_0 / g
 \end{aligned}$$

Keterangan

- t_{max} : waktu untuk mencapai ketinggian maksimum (s)
- h_{max} : tinggi maksimum yang dicapai (m)
- V_t : kecepatan setelah t detik (m/s)
- V_0 : Kecepatan awal (m/s)
- t : waktu (s)

- g : gaya gravitasi (m/s²)
- h : ketinggian (m)

Jika diamati secara mendalam, terlihat bahwa ($a = -g$). Hal ini dikarenakan gerak bola yang dilempar keatas berlawanan dengan arah gaya gravitasi yang arahnya ke pusat bumi sehingga terjadi perlambatan. Dengan begitu, pada data percobaan yang dianalisis menggunakan aplikasi *Tracker* terlihat waktu yang diperlukan untuk mencapai titik maksimum semakin tinggi semakin lama. Sedangkan untuk kecepatan awal tidak sama dengan nol, berarti semakin besar kecepatan awal yang diberikan, maka akan semakin tinggi bola yang dilemparkan dan akan diperlambat sampai mencapai titik maksimum. Selain itu, semakin tinggi bola yang dilemparkan, maka akan semakin lambat kecepatan bola untuk mencapai titik maksimum. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh dari gaya gravitasi yang bekerja pada bola yang dilemparkan. Dengan begitu, dapat dinyatakan percobaan dengan menggunakan aplikasi *tracker* pada gerak vertikal ke atas berpotensi menjelaskan konsep fisika dengan sangat baik. Hal ini ditinjau dari hasil percobaan yang kemudian diselaraskan dengan konsep/rumus fisika yang telah ada sebelumnya. Dalam hal ini, aplikasi *Tracker* hanya digunakan untuk menjelaskan teoritik persamaan yang sudah ada dengan pembuktian melalui percobaan sehingga peserta didik akan lebih memahami maksud dari pembelajaran yang ada. Tambahan lagi, peserta didik akan mengerti setiap pergerakan yang terjadi pada lintasan vertikal yang dilalui oleh sebuah benda yang bergerak.

Pembahasan

Dalam pembelajaran fisika tidak hanya disuguhi materi tetapi juga praktikum. Hal ini dilakukan agar peserta didik mengetahui contoh konkrit dan proses dari mana rumus yang disampaikan oleh pendidik diperoleh. Untuk menjelaskan hal tersebut

perlunya sebuah percobaan langsung yang mana peserta didik ikut dalam pelaksanaannya. Dalam hal ini, peneliti memberikan contoh nyata pada materi Gerak Vertikal Keatas yang kemudian diintegrasikan ke aplikasi *tracker* dalam bentuk video.

Dalam proses lempar bola ke atas diikuti oleh tanda – tanda berwarna merah. Tanda tersebut merupakan *track record* dari bola tersebut dan datanya dapat terbaca seperti yang terlihat grafik dan tabel di di samping kanan percobaan. Dengan adanya contoh nyata dan aplikasi *Tracker* dapat membantu dalam mengeksplorasi konsep dan membuktikan teori fisika yang terjadi di kehidupan nyata. Selain itu, dapat menjadi bahan ajar untuk membuat peserta didik lebih mengerti secara konkrit atas pelajaran yang dilakukan. Sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Munandar dkk (2018) dengan adanya contoh konkrit atau permasalahan nyata yang dihadapkan ke peserta didik, maka akan membuat peserta didik lebih mengerti dan memahami makna dari apa yang peserta didik pelajari.

Penelitian yang dilakukan oleh Afifah dkk (2015) yaitu dapat menentukan membuktikan percepatan gravitasi dengan bantuan aplikasi *Tracker*. Penelitian lain yang dilakukan oleh Ramadanti dkk (2021) yakni menganalisis gerak kucing yang melompat dengan bantuan aplikasi *Tracker*. Hal ini bantuan aplikasi *Tracker* dapat menjadi salah satu media yang baik untuk mengeksplorasi dan membuktikan teoritik dari rumus – rumus yang digunakan dalam pembelajaran fisika.

SIMPULAN DAN SARAN

Percobaan dengan menggunakan aplikasi *tracker* dapat membantu dalam upaya mengeksplorasi konsep dan membuktikan teoritik fisika yang terdapat pada permainan bola yang dilemparkan ke atas. Hal ini terbukti dengan hasil percobaan yang diperoleh dan diselaraskan dengan konsep/rumus fisika gerak vertikal ke atas yang memiliki karakteristik yang sangat mirip. Namun, pada penggunaan aplikasi *Tracker* terdapat beberapa kekurangan yang mana tidak bisa mendeteksi gerakan yang begitu cepat secara otomatis. Untuk saran kedepannya, perlunya pemilihan konten percobaan yang sesuai dengan kapasitas dari aplikasi *Tracker* sehingga data yang diperoleh benar – benar bagus. Selain itu perlunya pemahaman yang baik dengan ikon

– ikon yang terdapat pada aplikasi *tracker* sehingga mempermudah dalam proses menganalisis video yang telah dibuat/diambil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih diberikan kepada Bapak/Ibu Dosen Prodi Pendidikan Fisika, Jurusan Fisika, Universitas Negeri Surabaya atas bimbingannya sehingga artikel ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, D. N., Yulianawati, D., Agustina, N., Lestari, R. D. S., & Nugraha, M. G. (2015, June). Metode sederhana menentukan percepatan gravitasi bumi menggunakan aplikasi *tracker* pada gerak parabola sebagai media dalam pembelajaran fisika SMA. In Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains, Bandung.
- Agustinasari, A. dan Sumarni, R.A. (2021) January. Alat penghitung fisika pada materi gerak vertikal berbasis matlab. in semnas ristek (Seminar Nasional Riset dan Inovasi Teknologi) (Vol. 5, No. 1). doi: <https://doi.org/10.30998/semnasristek.v5i1.4989>
- Aip, S., Rustiawan, D., & Sugarel, A. 2018. *Praktis Belajar Fisika*. Jakarta: Visindo Media Persada.
- Gunawan, Y. I. P., dan Amaludin, A. 2021. Pemanfaatan teknologi pembelajaran dalam jaringan di masa pandemi covid-19. *Madaniyah*, 11(2), 133-150.
- Habibulloh, M., dan Madlazim, M. 2014. Penerapan metode analisis video software *tracker* dalam pembelajaran fisika konsep gerak jatuh bebas untuk meningkatkan keterampilan proses siswa kelas X SMAN 1 Sooko Mojokerto. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya* (JPFA), 4(1), 15-22.
- Handayani, S dan Damari, A. 2009. *Fisika Untuk SMA dan MA Kelas X*. Jakarta: Cv. Adi Perkasa
- Jaya, H. 2013 'Pengembangan laboratorium virtual untuk kegiatan praktikum dan memfasilitasi pendidikan karakter di SMK', *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 2(1),

pp.81–90.doi:

<https://doi.org/10.21831/jpv.v2i1.1019>

- Munandar, H., Sutrio, S., & Taufik, M. 2018. Pengaruh model pembelajaran berbasis masalah berbantuan media animasi terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar fisika siswa SMAN 5 Mataram tahun ajaran 2016/2017. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 4(1), 111-120.
- Napsawati, N. 2020. Analisis situasi pembelajaran IPA Fisika dengan metode daring di tengah wabah covid-19. Karst: *jurnal pendidikan fisika dan terapannya*, 3(1), 6-12.
- Ramadhanti, D., Kuswanto, H., Hestiana, H., & Azalia, A. 2021. Penggunaan analisis video gerak kucing melompat berbantuan aplikasi tracker sebagai kegiatan praktikum mandiri materi gerak pada peserta didik SMP. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(3), 459-470.
- Sarojo. 2014. *Seri Fisika Dasar Mekanika Edisi 5*. Jakarta. Salemba Teknika
- Setyawaro, D. 2019. *Tutorial penggunaan aplikasi video tracker untuk analisis gerak benda*. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sutarno. 2013. *Fisika untuk Universitas*. Yogyakarta. Graha Ilmu
- Swandi, A., Rahmadhanningsih, S., Viridi, S., Nurhayati, N., Putri, R.A. & Suryadi, A., 2021. Simulasi gerak translasi dan gerak melingkar menggunakan vba macro excel melalui project based learning (PBL). *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 9(1), pp.33-42.
doi: <https://doi.org/10.24252/jpf.v9i1.20519>
- Tambunan, L.R. dan Sundari, E., 2020. Pengembangan buku digital pada materi persamaan garis singgung lingkaran. *Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 9(4), pp.1184-1191. doi: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v9i4.3084>
- Wasono, K.E., Wiyanto, W. & Akhlis, I., 2017. Efektivitas penerapan bahan ajar inkuiri berbasis web dalam pembelajaran fisika ditinjau dari aspek kognitif. *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, 6(1), pp.70-73. doi: <https://doi.org/10.15294/upej.v6i1.13933>
- Wee, L.K. dan Leong, T.Z. 2015. Video analysis and modeling performance task to promote becoming like scientists in classrooms. *American Journal of Educational Research*, 3(2):197–207. <https://doi.org/10.12691/education-3-2-13>
- Yulkifli, Y., dan Ramli, R. 2018. The use of tracker application to enhance physics teachers in senior high school in making laboratory video. *Pelita Eksakta*, 1(1), 31-36.