

PEMAHAMAN KONSEP SISWA MELALUI SKEMA *BLENDED LEARNING* MENGGUNAKAN LEMBAR KERJA BERBASIS SIMULASI

Ogi Danika Pranata¹, Seprianto²

Tadris Fisika, IAIN Kerinci^{1,2}
ogidanika@gmail.com

Abstract: *Student's Conceptual Understanding through Blended Learning Using Worksheet-based Simulation.* Learning, especially in physics, could be done in a combination of face-to-face and online. However, the scheme of this combination is unclear. Both type of learning need to be synchronized so that learning becomes effective. The solution is to involve technology in the learning process. Technology can be used as a learning medium and assessment. Blended learning scheme using worksheet based on PhET (Physics Education Technology) simulation was applied in Basic Physics course. This solution is expected to create link between face-to-face and online learning. Mixed methods with embedded design was applied to explore students' conceptual understanding through blended learning. The population is quite small, namely 32 students so that all population is applied as a sample. Data on students' conceptual understanding were collected using a test based on simulation. Quantitative data was analyzed using descriptive statistic and qualitative data which was further explored through interviews. Conceptual understanding was found in the high category for vector and projectile motion when taught through a blended learning scheme using student worksheets. The averages scores for vector in 1 dimension and 2 dimensions are 85.94 and 77.93, respectively. Then the average scores for the projectile motion is 80.93. So we can concluded that the blended learning scheme was effective as learning methods.

keywords: *blended learning, conceptual understanding, projectile motion, simuation, vector.*

Abstrak: **Pemahaman Konsep Siswa Melalui Skema *Blended Learning* Menggunakan Lembar Kerja Berbasis Simulasi.** Pembelajaran, khususnya dalam ruang lingkup fisika, dapat dilakukan melalui kombinasi antara tatap muka dan daring. Namun skema kombinasinya masih belum jelas. Keduanya perlu disinkronisasikan agar pembelajaran menjadi efektif dan dapat menjadi *blended learning*. Salah satu solusinya adalah dengan melibatkan teknologi dalam proses pembelajaran. Teknologi dapat dimanfaatkan sebagai media belajar dan penilaian. Skema *blended learning* menggunakan lembar kerja berbasis simulasi PhET (*Physics Education Technology*) diterapkan pada mata kuliah Fisika Dasar. Solusi ini diharapkan dapat penghubung antara pembelajaran tatap muka dan daring. *Mixed methods* desain *embedded* diterapkan untuk mengeksplor pemahaman konsep melalui *blended learning*. Populasi cukup kecil, yaitu 32 mahasiswa

sehingga diterapkan *whole population sampling*. Data mengenai pemahaman konsep dikumpulkan menggunakan instrumen tes uraian berhubungan dengan simulasi. Data kuantitatif dianalisis secara statistik deskriptif dan didukung oleh data kualitatif yang ditelusuri lebih lanjut melalui wawancara. Pemahaman konsep ditemukan dalam kategori tinggi untuk materi vektor dan gerak parabola ketika diajarkan melalui skema *blended learning* dengan bantuan lembar kerja berbasis simulasi. Rata-rata untuk nilai vektor 1 dimensi dan 2 dimensi adalah 85.94 dan 77.93. Kemudian rata-rata untuk nilai gerak parabola adalah 80.93. Jadi dapat disimpulkan bahwa skema *blended learning* yang diterapkan cukup efektif sebagai metode pembelajaran.

Kata kunci: *blended learning*, gerak parabola, pemahaman konsep, simulasi, vektor

PENDAHULUAN

Kegiatan pembelajaran pada dasarnya merefleksikan bagaimana lingkungan belajar. Lingkungan belajar telah banyak berubah, terutama ketika menghadapi pandemi. Pembelajaran dilakukan dengan berbagai skema seperti dalam jaringan (*daring*) atau *online* dan kombinasi *daring* dan *tatap muka*. Lingkungan seperti ini berdampak pada bagaimana kegiatan dalam proses pembelajaran.

Sekarang pandemi telah usai dan menuju *new normal*. Kebiasaan baru yang muncul sejak pandemi terus berkembang. Dasarnya adalah pengalaman belajar di masa pandemi, khususnya *daring* dan kombinasi (*blended*). Walaupun *blended learning* pernah diterapkan, namun skemanya masih belum jelas. Pembelajaran *tatap muka* dan *daring* belum terhubung dengan baik sehingga keduanya perlu disinkronisasikan agar pembelajaran menjadi efektif.

Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa dosen tadaris fisika dan mahasiswa ditemukan fakta terkait *blended learning*, yaitu pembelajaran *tatap muka* dan *daring* masih terpisah dan belum terhubung atau tidak sinkron, terutama dari sudut pandang proses dan aktivitas belajar. Dengan kata lain pembelajaran belum dapat dikatakan "*blended*". Beberapa mahasiswa juga menjelaskan bahwa proses pembelajaran secara *daring* lebih sulit dipahami dibandingkan dengan *tatap muka*, bahkan kedua bentuk pembelajaran sulit dihubungkan, baik dari sisi proses maupun kontennya.

Jadi dapat disimpulkan bahwa kita melakukan kegiatan pembelajaran darurat di masa pandemi. Sebenarnya kondisi tersebut tidak

akan menjadi masalah jika diikuti dengan pengembangan dasar untuk peningkatan dan pengembangan kualitas pembelajaran (Barbour *et al.*, 2020), khususnya dengan penerapan *blended learning*. *Blended learning* dapat terus diterapkan sekarang dan ke depan.

Skema *blended learning* yang belum jelas akan berdampak negatif pada hasil belajar, khususnya pemahaman konsep secara konseptual. Walaupun berbagai skema telah hadir untuk *blended learning*, bukti prakteknya secara aktual (*evidence-based practice*) dalam pembelajaran masih kurang. Bagaimana sumber daya dalam pembelajaran *tatap muka* dan *daring* disatukan masih belum jelas (Hew and Cheung, 2015). Untuk itu penting untuk memperjelas skemanya.

Gagasan solusi sebagai langkah awal untuk menciptakan kondisi dan skema *blended learning* diperlukan. Sebenarnya telah dikembangkan skema *blended learning* seperti rotasi antara pembelajaran *tatap muka* dan dalam jaringan, termasuk rotasi aktivitas lab (Horn and Staker, 2017). Keterlibatan teknologi mendukung desain dalam skema *blended learning* (Jobst, 2016; Medina, 2018). Teknologi dapat dimanfaatkan sebagai media belajar dan juga cara untuk penilaian kinerja mahasiswa (Rehn *et al.*, 2013). Penulis mengajukan satu solusi kreatif dengan mengembangkan Skema *Blended Learning* Menggunakan Lembar Kerja Berbasis Simulasi PhET (*Physics Education Technology*) Pada Mata Kuliah Fisika Dasar.

Solusi di atas diharapkan dapat penghubung antara pembelajaran *tatap muka* dan *daring*. Solusi tersebut juga dapat diterapkan untuk menilai pemahaman konsep mahasiswa

dan mengungkapkan miskonsepsi siswa dan penyebabnya. Pada akhirnya *blended learning* dapat diterapkan untuk berbagai kondisi, tidak hanya saat pandemi, bahkan pasca pandemi seperti sekarang.

METODE

Penelitian ini merupakan bagian dari kegiatan aktulisasi untuk menyelesaikan masalah yang sedang dihadapi oleh pendidik terkait proses pembelajaran. Metode metode kuantitatif dan kualitatif (*mixed methods*) dengan desain *embedded* diterapkan. Desain ini fokus pada data kuantitatif dan didukung oleh data kualitatif untuk menjelaskan bagian data kuantitatif (Creswell and Clark, 2017).

Peneliti mengumpulkan data pemahaman konsep menggunakan instrumen tes. Soal-soal uraian disesuaikan dengan materi dan simulasi yang digunakan pada lembar kerja berbasis PhET. Selanjutnya dilaksanakan diskusi yang menjadi dasar untuk wawancara dengan beberapa mahasiswa. Hasil wawancara menjadi data pendukung untuk hasil tes. Populasi dalam penelitian ini adalah mahasiswa kelas fisika dasar, yaitu sebanyak 32 mahasiswa. Karena populasi cukup kecil, peneliti menerapkan semua populasi sebagai sampel (*whole population sampling*). Data yang telah dikumpulkan dianalisis menggunakan SPSS untuk memperoleh gambaran data secara deskriptif. Data dan hasil diskusi menjadi dasar untuk penulisan lebih lanjut melalui wawancara.

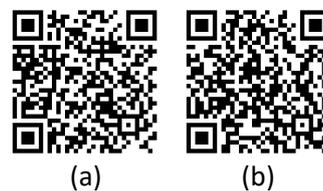
Simulasi PhET (Physics Education Technology)

Kemudahan dan kelancaran akses menjadi kunci utama keberhasilan *blended learning*. Secara umum *blended learning* yang memanfaatkan teknologi sebaiknya tidak memberikan beban dan masalah bagi pengajar dan siswa (Jones and Sharma, 2021) karena tantangan terbesar bagi pengajar dalam menerapkan *blended learning* adalah penggunaan teknologi untuk proses pembelajaran (Rasheed, Kamsin and Abdullah, 2020). Jadi penting untuk memilih teknologi yang tepat untuk diterapkan dalam *blended learning* (Bower *et al.*, 2015). Untuk ruang lingkup sains, khususnya fisika terdapat simulasi yang dapat langsung diterapkan untuk pembelajaran, yaitu

simulasi yang terangkum dalam PhET (*Physics Education Technology*). Simulasi PhET telah banyak digunakan dalam pembelajaran fisika untuk berbagai kondisi seperti kelas, individu, kelompok kecil, tugas rumah, dan kegiatan lab (Wieman *et al.*, 2010), termasuk pembelajaran daring (Siu-Ping and Chak-Him, 2020). PhET juga menyediakan kemudahan akses dalam mendukung proses pembelajaran yang berkualitas (Moore and Perkins, 2018).

Simulasi PhET dapat diakses secara online dan offline. Secara online dapat diakses melalui link <https://phet.colorado.edu/>. Akses *offline* dapat diperoleh setelah mengunduh aplikasi PhET melalui link <https://phet.colorado.edu/en/offline-access> dan kemudian meng-*install* di laptop atau PC. Namun dalam pembelajaran kali ini mahasiswa menggunakan akses online karena sebagian besar mahasiswa menggunakan *smartphone*. Peneliti sendiri menggunakan akses secara offline agar simulasi dapat berjalan lancar walaupun terjadi gangguan akses internet.

Setelah memahami akses menuju simulasi PhET, peneliti menentukan simulasi PhET yang akan diterapkan dalam *blended learning*. Untuk menciptakan pembelajaran yang efektif menggunakan simulasi, pemilihan simulasi harus mempertimbangkan tingkat kesulitan (Podolefsky *et al.*, 2010). Simulasi cukup sulit dengan tetap mempertahankan ketertarikan mahasiswa dan tidak terlalu sulit sehingga tidak dapat diikuti dan dipahami oleh mahasiswa. Peneliti memilih 2 simulasi untuk diterapkan dalam pembelajaran, yaitu Analisis Vektor (*Vector Addition*) dan Gerak Parabola (*Projectile Motion*). Kedua simulasi tersebut dapat diakses melalui *QR code* berikut.



Gambar 1. *QR code*: (a) Analisis Vektor dan (b) Gerak Parabola

Untuk dapat mengarahkan pembelajaran sesuai dengan tujuan yang diharapkan, peneliti juga mengembangkan lembar kerja sesuai dengan simulasi yang telah ditentukan.

Lembar Kerja

Pengajar merancang lembar kerja untuk mendukung skema *blended learning* sesuai dengan simulasi (analisis vektor dan gerak parabola). Lembar kerja menjadi panduan bagi mahasiswa dalam mengeksplor simulasi. Lembar kerja dirancang dengan tingkat arahan yang minim. Tingkat arahan yang minim ini telah terbukti efektif dalam penelitian pengembangan PhET (Adams, Paulson and Wieman, 2008). Kondisi ini dapat memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk mengeksplor simulasi dan meningkatkan motivasi belajar.

Pada setiap lembar kerja juga terdapat beberapa soal yang dirancang sesuai dengan simulasi. Soal dapat mendukung penggunaan simulasi secara efektif (Rehn *et al.*, 2013). Untuk simulasi vektor terdapat 16 soal yang terdiri dari 8 soal untuk vektor 1 dimensi dan 8 soal untuk vektor 2 dimensi. Kemudian untuk simulasi gerak parabola terdapat 10 soal yang terdiri dari 5 soal untuk menentukan waktu benda bergerak dan 5 soal untuk menentukan kecepatan horizontal benda. Simulasi PhET dapat menjadi representasi konsep fisika, bersifat interaktif, dan terhubung dengan alam real. Fitur tersebut memudahkan mahasiswa dalam menjawab soal-soal (Podolefsky, Perkins and Adams, 2010). Setiap lembar kerja ditambahkan *link* dan *QR Code* untuk memudahkan akses bagi mahasiswa menuju *website* simulasi sesuai dengan pembelajaran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Proses pembelajaran

Pembelajaran melalui skema *blended learning* mengacu pada lembar kerja berbasis simulasi yang telah didesain. Setiap lembar kerja akan digunakan untuk 1 kali pembelajaran daring dan 1 kali pembelajaran tatap muka seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.

Pertemuan pertama untuk pengenalan yang bertujuan memberikan penjelasan awal mengenai simulasi PhET dan cara menggunakannya. Pada akhir pertemuan pertama diberikan penjelasan untuk rencana pertemuan kedua secara daring menggunakan simulasi *Analisis Vektor* dan pembagian lembar kerja. Mahasiswa kemudian mengikuti pembelajaran secara daring sesuai arahan menggunakan dengan lembar kerja. Selanjutnya diikuti dengan

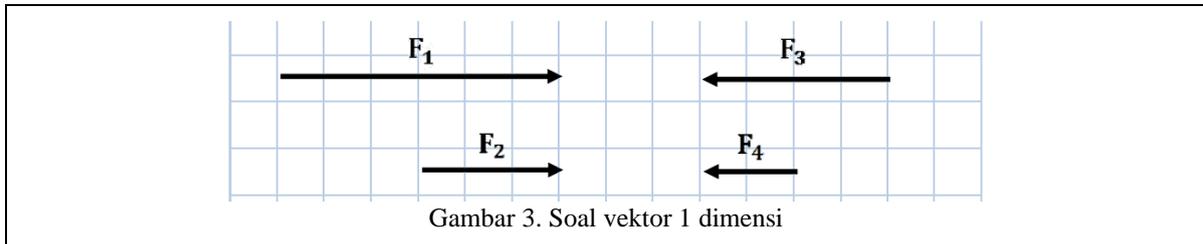
pertemuan ketiga secara tatap muka untuk mendiskusikan hasil yang telah diperoleh oleh mahasiswa pada pembelajaran daring sebelumnya. Penggunaan simulasi PhET dapat membantu pengajar dalam memfasilitasi kegiatan diskusi di kelas (Perkins *et al.*, 2012) dan sebagai alat konfirmasi bagi pelajar (Pranata, 2023). Pertemuan ketiga ini diakhiri oleh penjelasan singkat mengenai rencana pertemuan keempat secara daring menggunakan simulasi Gerak Parabola dan pembagian lembar kerja.



Gambar 2. Skema *Blended Learning*

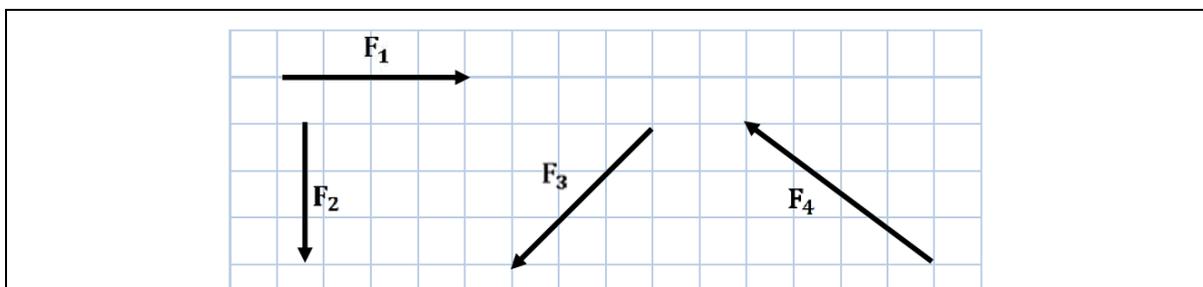
Mahasiswa kemudian mengikuti pembelajaran secara daring kembali untuk simulasi kedua sesuai dengan lembar kerja. Selanjutnya diikuti dengan pertemuan kelima secara tatap muka untuk mendiskusikan hasil yang telah diperoleh oleh mahasiswa pada pertemuan sebelumnya. Jadi pembelajaran daring merupakan kegiatan belajar mahasiswa secara mandiri untuk menjawab soal-soal yang telah disusun pada lembar kerja. Kemudian selanjutnya pembelajaran tatap muka untuk mendiskusikan hasil yang telah ditemukan pada pembelajaran daring sebelumnya. Skema pembelajaran dalam bentuk kombinasi dari kedua pembelajaran inilah yang disebut sebagai *blended learning*. Kegiatan pembelajaran seperti ini dapat berulang untuk simulasi selanjutnya jika masih ada. Siklus seperti ini dalam *blended learning* dapat mendukung kemandirian belajar mahasiswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3. Soal vektor 1 dimensi

<p>8. $F_4 - F_3$</p> <p>Gambar 3a. Kesalahan dalam operasi tanda negatif</p>	<p>2. $F_1 + F_3$</p> <p>Gambar 3b. Vektor digambarkan tidak akurat</p>	<p>3. $F_1 - F_2$</p> <p>Gambar 3c. Arah vektor hasil tidak tepat</p>
<p><i>Feedback:</i> Jawaban merepresentasikan operasi penjumlahan kedua vektor, bukan pengurangan. Ketika F_3 di kurangi dengan F_4, maka seharusnya arah vektor F_3 menjadi terbalik atau ke kanan.</p>	<p><i>Feedback:</i> Operasi yang dilakukan sudah benar, namun panjang vektor F_3 tidak akurat. Seharusnya vektor F_3 bernilai 4 kotak, sedangkan yang digambarkan 3 kotak.</p>	<p><i>Feedback:</i> Operasi dan akurasi besar dan arah vektor sudah benar. Namun mahasiswa keliru dalam menemukan arah hasil. Seharusnya mengarah ke kanan.</p>



Gambar 4. Soal vektor 2 dimensi

<p>12. $F_1 - F_3$</p> <p>Gambar 4a. Kesalahan dalam operasi tanda negatif</p>	<p>10. $F_1 + F_3$</p> <p>Gambar 4b. Vektor digambarkan tidak akurat</p>	<p>11. $F_1 - F_2$</p> <p>Gambar 4c. Arah vektor hasil tidak tepat</p>
<p><i>Feedback:</i> Kedua vektor digambarkan sesuai dengan soal, sebenarnya ketika pengurangan, arah vektor F_3 harus dibalik (berlawanan arah dengan arahnya sekarang).</p>	<p><i>Feedback:</i> Vektor F_3 digambarkan dengan tidak akurat. Seharusnya vektor F_3 memiliki komponen x (horizontal) dan y (vertikal) sama-sama sebesar 3 kotak, bukan 4 kotak.</p>	<p><i>Feedback:</i> Walaupun menerapkan operasi dengan benar dan akurat, arah hasilnya salah. Seharusnya hasil digambarkan dari titik awal menuju titik akhir, bukan sebaliknya.</p>

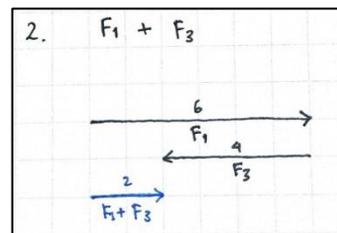
Analisis Vektor

Berdasarkan tes soal yang diberikan untuk materi vektor diperoleh data pemahaman konsep vektor yang tinggi yang ditunjukkan dengan nilai rata-rata nilai untuk 1 dimensi dan 2 dimensi adalah 85.94 dan 77.93. Nilai untuk 1 dimensi sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan nilai untuk 2 dimensi. Kondisi ini dapat diterima secara logis mengingat semakin tinggi dimensinya, maka semakin banyak bagian yang harus diperhatikan oleh mahasiswa ketika mengoperasikan vektor.

Konsep vektor penting dalam fisika dan ditemukan pada berbagai ruang lingkup, terutama dalam mengkonstruksi diagram gaya atau *free-body diagram* (Pranata and Lorita, 2023) untuk menganalisis resultan gaya dan torsi yang bekerja pada benda (Pranata, Yulianti and Wartono, 2017). Untuk itu pemahaman mengenai konsep vektor menjadi bagian penting dari pembelajaran fisika. Walaupun nilai rata-rata mahasiswa tinggi, masih terdapat kesalahan umum ketika mahasiswa mengoperasikan vektor. Berdasarkan jawaban mahasiswa ditemukan 3 pola kesalahan yang umum terjadi ketika mengoperasikan vektor, yaitu kesalahan dalam operasi tanda negatif, akurasi vektor, dan arah vektor hasil. Beberapa contoh kesalahan ini ditunjukkan oleh Gambar 3 dan 4.

Simulasi PhET untuk analisis vektor seharusnya dapat memudahkan mahasiswa dalam melakukan operasi penjumlahan dan pengurangan vektor. Kesalahan pada operasi pengurangan lebih banyak ditemukan dibandingkan dengan kesalahan pada operasi penjumlahan. Hasil penelitian lain juga mengkonfirmasi kondisi ini, kesalahan operasi pengurangan vektor ditemukan pada 1 dimensi dan 2 dimensi (Barniol and Zavala, 2014). Kesalahan pada operasi pengurangan banyak ditemukan karena mahasiswa menghubungkan operasi ini dengan koordinat kartesius dimana arah kiri merepresentasikan negatif dan arah kanan positif. Kedua konsep ini berhubungan tetapi tanda negatif (-) dalam koordinat kartesius berhubungan dengan arah kiri bukan operasi pengurangan. Inilah yang menjadi penyebab utama kesalahan dalam menjawab soal yang berhubungan dengan operasi pengurangan.

Kesalahan selanjutnya adalah akurasi panjang vektor yang digambarkan oleh mahasiswa. Kondisi ini menunjukkan bahwa kita tidak selalu akurat secara visual, bahkan ketika masalahnya dalam 1 dimensi dan 2 dimensi. Sebagian mahasiswa menggambarkan vektor lebih panjang atau lebih pendek. Hasil yang sama juga ditemukan sebagai kesalahan umum dalam operasi vektor (Barniol and Zavala, 2010). Peneliti menemukan bahwa beberapa mahasiswa menggunakan angka ketika mengoperasikan vektor untuk merepresentasi panjang vektor seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5. Cara ini terbukti dapat mengantisipasi masalah akurasi ketika menggambarkan vektor. Representasi angka dipandang lebih mudah dibandingkan dengan representasi visual ketika melakukan operasi penjumlahan dan pengurangan vektor (Heckler and Scaife, 2015). Salah satu mahasiswa menjelaskan bahwa ia menggunakan angka untuk meyakinkan dirinya ketika menggambarkan vektor (Gambar 5).

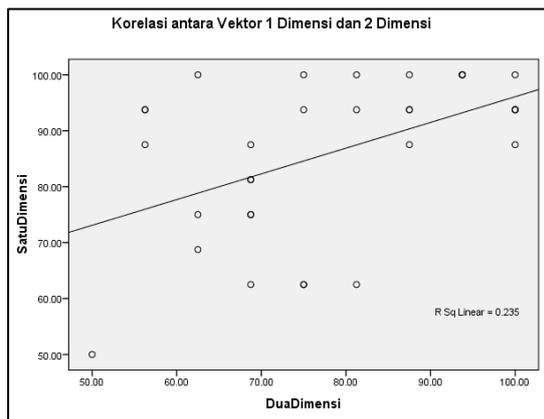


Gambar 5. Representasi angka untuk vektor

Kesalahan umum yang terakhir adalah kesalahan ketika menentukan arah hasil vektor. Berdasarkan lembar jawaban ditemukan banyak terjadi kesalahan ketika menentukan arah hasil operasi vektor. Mahasiswa yang menjawab seperti Gambar 3c menjelaskan bahwa untuk keadaan seimbang maka diperlukan vektor hasil ke arah kiri. Dasar pemikiran keadaan seimbang inilah yang membuat arah hasil vektor menjadi salah. Sebenarnya arah hasil operasi vektor didasari oleh prinsip dari titik awal menuju titik akhir. Kondisi yang identik ditemukan juga pada vektor 2 dimensi seperti Gambar 4c yang menggambarkan hasil vektor terbalik, dari titik akhir ke awal. Kesalahan seperti ini konsisten dengan penelitian lain (Wutchana and Emarat, 2011; Wutchana, Bunrangsri and Emarat, 2015)

dan disebut sebagai *loop* tertutup (*closing loop*) (Barniol and Zavala, 2010).

Selanjutnya data jawaban mahasiswa dianalisis menggunakan SPSS melalui uji korelasi Pearson. Tujuannya adalah untuk mengetahui korelasi antara vektor 1 dimensi dan vektor 2 dimensi. Kedua data terdistribusi secara normal yang ditunjukkan oleh data statistik *skewness* masih berada pada rentang antara -1 sampai dengan 1. Kedua data juga memiliki korelasi linear yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 6. Kedua kondisi ini merupakan kondisi yang memungkinkan untuk melakukan uji korelasi Pearson, yaitu $r(30) = 0.485$. Nilai korelasi ini menunjukkan bahwa hubungan (*effect size*) antara 1 dimensi dan 2 dimensi berada pada rentang medium dan mendekati tinggi (Morgan *et al.*, 2004).



Gambar 6. Korelasi antara vektor 1 dimensi dan 2 dimensi

Gerak Parabola

Skema *blended learning* berlanjut ke materi kedua, yaitu gerak parabola. Simulasinya dapat diakses menggunakan scan *QR code* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1b. Lembar kerja juga telah disiapkan untuk simulasi ini. Mahasiswa dapat mengakses simulasi menggunakan *link* dan *QR code* yang tersedia di halaman awal lembar kerja. Nilai rata-rata yang tinggi juga ditemukan untuk materi gerak parabola, 80.93.

Materi gerak parabola dalam lembar kerja terbagi menjadi dua bagian, yaitu 1). menentukan hubungan waktu benda di udara dengan kecepatan awal benda dan 2). menentukan kecepatan horizontal dari gerak parabola. Lembar

kerja menjadi panduan bagi mahasiswa untuk mengikuti *blended learning* untuk kedua bagian materi tersebut.

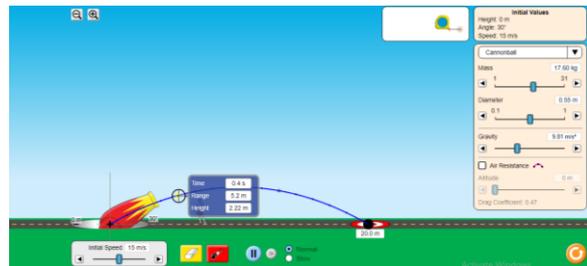
Pada bagian pertama, mahasiswa menyiapkan parameter (seperti ketinggian, sudut, dan kecepatan awal) untuk gerak parabola menggunakan proyektil yang terdapat dalam simulasi (Gambar 7).



Gambar 7. Tampilan simulasi gerak parabola Bagian I

Kemudian mahasiswa mengukur waktu yang benda di udara atau waktu yang diperlukan oleh benda untuk sampai ke permukaan. Pengukuran ini dilakukan dengan memvariasikan kecepatan awal. Seharusnya ditemukan waktu yang sama, walaupun kecepatan awal benda bervariasi. *Sebagian besar mahasiswa terkejut dengan temuan mereka sendiri.* Benda yang bergerak cepat atau lambat (dengan kompensasi lintasan bergantung kecepatan) akan berada di udara dengan waktu yang sama. Kondisi ini berlaku ketika parameter lain tidak diubah kecuali kecepatan awal. Jadi dapat disimpulkan bahwa waktu benda di udara tidak bergantung pada kecepatan awal benda.

Pada bagian kedua, mahasiswa juga menyiapkan parameter (seperti ketinggian, sudut, dan kecepatan awal) seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan simulasi gerak parabola Bagian II

Kemudian mahasiswa mengukur jarak dan waktu pada beberapa titik lintasan benda menggunakan fitur alat ukur yang tersedia dalam simulasi. Seharusnya ditemukan nilai kecepatan yang sama untuk setiap pengukuran. *Sekali lagi, sebagian besar mahasiswa merasa terkejut dengan temuan mereka sendiri.* Benda yang tampak bergerak dengan kecepatan yang bervariasi ternyata memiliki kecepatan horizontal yang sama pada semua titik pada lintasan. Jadi dapat disimpulkan bahwa kecepatan horizontal selalu sama pada gerak parabola. Kesimpulan yang mengejutkan ini dapat ditampilkan dalam simulasi PhET.

Sebagai alternatif, kesimpulan yang sama juga dapat ditunjukkan melalui pembelajaran eksperimental (Yuliati, Nisa and Mufti, 2020), menggunakan *Tracker* (Wee *et al.*, 2012), dan simulasi MATLAB (Jahangir *et al.*, 2020). Konsep kecepatan dan percepatan pada gerak parabola dapat dipahami dengan baik ketika menggunakan representasi vektor (Yuliati, Nisa and Mufti, 2020) seperti yang telah dipelajari pada materi sebelumnya. Sehingga pembelajaran pada materi gerak parabola dapat dihubungkan dengan konsep vektor. Hubungan antar materi seperti ini penting untuk menunjukkan bahwa terdapat konsep-konsep dalam fisika tidak dalam keadaan yang terisolasi dan mendukung pandangan *unity of physics* dalam kurikulum fisika (Grayson, 2006).

Kendala dan antisipasi

Beberapa hal yang menjadi kendala dalam skema *blended learning* dan alternatif solusi yang dapat diterapkan sebagai berikut.

- Proses pembelajaran memerlukan gawai, sebaiknya laptop, atau minimal *smartphone*. Gawai ini menjadi kunci utama untuk akses menuju simulasi PhET yang diterapkan dalam *blended learning*. Masalah yang sering ditemukan adalah masalah akses (Pilgrim, Hornby and Macfarlane, 2018). Jadi ketika terdapat mahasiswa tidak memiliki gawai, pengajar harus merespon dengan cepat seperti mengubah proses pembelajaran dari kerja individu menjadi kerja pasangan atau kelompok sesuai dengan kondisi yang ditemukan saat pembelajaran.

- Kontrol terhadap mahasiswa cukup sulit untuk kedua fase pembelajaran. Ketika pembelajaran tatap muka, pengajar harus dapat memastikan apakah mahasiswa mengikuti kegiatan pembelajaran kelas sesuai dengan lembar kerja atau tidak. Mungkin saja mahasiswa mengakses aplikasi lain pada gawai mereka ketika berdiskusi di kelas. Untuk itu diperlukan strategi *monitoring* yang tepat (Medina, 2018). Dalam hal kontrol terhadap mahasiswa, pengajar meminta bantuan kepada asisten pengajar sebagai pengamat (*observer*), merekam kegiatan yang berlangsung, atau dengan membatasi waktu untuk setiap fase pembelajaran sehingga mahasiswa tidak memiliki banyak waktu luang untuk mengakses aplikasi lain. Namun kontrol untuk pembelajaran daring belum diterapkan secara efisien dan merupakan salah satu tantangan besar untuk *blended learning* (Zacharis, 2015). Tantangan ini menjadi ruang lingkup penelitian selanjutnya.

PENUTUP

Skema *blended learning* menggunakan lembar kerja berbasis simulasi PhET dengan menerapkan rotasi antara pembelajaran tatap muka dan daring terbukti efektif. Temuan ini disimpulkan berdasarkan proses pembelajaran melalui penerapan *blended learning* yang telah dilaksanakan dan data pemahaman konsep siswa pada kategori tinggi untuk konsep vektor dan gerak parabola.

Rata-rata nilai vektor 1 dimensi dan 2 dimensi adalah 85.94 dan 77.93. Kemudian rata-rata untuk nilai gerak parabola adalah 80.93. Selanjutnya melalui diskusi dan wawancara ditemukan juga miskonsepsi dan penyebabnya. Seperti pada konsep vektor ditemukan miskonsepsi ketika operasi menggunakan tanda negatif, tidak akuratnya panjang dan arah vektor, serta arah vektor hasil yang tidak tepat. Pada gerak parabola, mahasiswa menemukan kesimpulan yang mengejutkan mereka sendiri, yaitu waktu benda saat bergerak tidak bergantung pada kecepatan awal dan kecepatan horizontal selalu sama pada gerak parabola.

Untuk sekarang skema *blended learning* menggunakan lembar kerja berbasis PhET hanya terbatas untuk ruang lingkup sains saja, terutama fisika. Hal ini karena sebagian besar simulasi yang terdapat dalam PhET adalah simulasi untuk materi fisika, walaupun terdapat beberapa lainnya mendukung untuk matematika, kimia, dan biologi. Walaupun demikian, skema *blended learning* menggunakan lembar kerja dapat diterapkan pada semua ruang lingkup dengan melibatkan kreatifitas seorang pendidik untuk menyesuaikan dan memanfaatkan sumber daya dan teknologi yang tersedia. Pendidik atau pengajar dapat merancang lembar kerja berbasis teknologi lainnya seperti simulasi, video, dan sebagainya. Lembar kerja ini kemudian dapat menjembatani dua bentuk pembelajaran yang berbeda ke dalam satu skema yang sama, *blended learning*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, W. K., Paulson, A. and Wieman, C. E. (2008) 'What levels of guidance promote engaged exploration with interactive simulations?', *AIP Conference Proceedings*, 1064, pp. 59–62. doi: 10.1063/1.3021273.
- Barbour, M. K. *et al.* (2020) 'Understanding pandemic pedagogy: differences between emergency remote, remote, and online teaching', ...: *K-12 e-Learning in ...*, (December). Available at: <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/101905>.
- Barniol, P. and Zavala, G. (2010) 'Vector Addition: Effect of the Context and Position of the Vectors', in *AIP Conference Proceedings*, pp. 73–76. doi: 10.1063/1.3515252.
- Barniol, P. and Zavala, G. (2014) 'Test of understanding of vectors: A reliable multiple-choice vector concept test', *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10(1), pp. 1–14. doi: 10.1103/PhysRevSTPER.10.010121.
- Bower, M. *et al.* (2015) 'Design and implementation factors in blended synchronous learning environments: Outcomes from a cross-case analysis', *Computers and Education*, 86, pp. 1–17. doi: 10.1016/j.compedu.2015.03.006.
- Creswell, J. W. and Clark, V. L. P. (2017) 'Designing and Conducting Mixed Methods Research'. London: Sage.
- Grayson, D. J. (2006) 'Rethinking the content of physics courses', *Physics Today*, 59(2), pp. 31–36. doi: 10.1063/1.2186279.
- Heckler, A. F. and Scaife, T. M. (2015) 'Adding and subtracting vectors: The problem with the arrow representation', *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(1), pp. 1–17. doi: 10.1103/PhysRevSTPER.11.010101.
- Hew, K. F. and Cheung, W. S. (2015) *Using blended learning: Evidence Based Practices*, *British Journal of Educational Technology*.
- Horn, M. B. and Staker, H. (2017) *The Blended Workbook: Learning to Design the Schools of Our Future*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Jahangir, M. *et al.* (2020) 'MATLAB simulation for teaching projectile motion', *Advanced Journal Of Science and Engineering*, 1(2), pp. 59–61. doi: 10.22034/AJSE.2012059.
- Jobst, V. J. . (2016) 'Diving into the Blended Learning Pool: One University's Experience.', *Journal of Higher Education Theory & Practice*, 16(4), pp. 89–104. Available at: <http://ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eue&AN=120149392&lang=es&site=eds-live&scope=site>.
- Jones, K. A. and Sharma, R. S. (2021) *Higher Education 4.0: The Digital Transformation of Classroom Lectures to Blended Learning*, Springer.
- Medina, L. C. (2018) 'Blended learning: Deficits and prospects in higher education', *Australasian Journal of Educational Technology*, 34(1), pp. 42–56. doi: 10.14742/ajet.3100.
- Moore, E. B. and Perkins, K. K. (2018) 'Advances in PhET interactive simulations: Interoperable and accessible', *Cyber-Physical Laboratories in Engineering and Science Education*, pp. 141–162. doi: 10.1007/978-3-319-76935-6_6.
- Morgan, G. A. *et al.* (2004) *SPSS for Introductory*

- Statistics. Use and Interpretation*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. All.
- Perkins, K. *et al.* (2012) 'Towards research-based strategies for using PhET simulations in middle school physical science classes', *AIP Conference Proceedings*, 1413, pp. 295–298. doi: 10.1063/1.3680053.
- Pilgrim, M., Hornby, G. and Macfarlane, S. (2018) 'Enablers and barriers to developing competencies in a blended learning programme for specialist teachers in New Zealand', *Educational Review*, 70(5), pp. 548–564. doi: 10.1080/00131911.2017.1345860.
- Podolefsky, N. S. *et al.* (2010) 'Characterizing complexity of computer simulations and implications for student learning', *AIP Conference Proceedings*, 1289, pp. 257–260. doi: 10.1063/1.3515215.
- Podolefsky, N. S., Perkins, K. K. and Adams, W. K. (2010) 'Factors promoting engaged exploration with computer simulations', *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6(2), pp. 1–11. doi: 10.1103/PhysRevSTPER.6.020117.
- Pranata, O. D. (2023) 'Physics Education Technology (PhET) as Confirmatory Tools in Learning Physics', *Jurnal Riset Fisika Edukasi dan Sains*, 10(1), pp. 29–35. doi: 10.22202/jrfes.2023.v10i1.6815.
- Pranata, O. D. and Lorita, E. (2023) 'Analisis Korelasi Kemampuan Berbahasa Panah Dengan Kualitas Free-Body Diagram Siswa Pada Materi Dinamika', *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, 6(1), pp. 22–31. doi: <https://doi.org/10.52188/jpfs.v6i1.394>.
- Pranata, O. D., Yuliati, L. and Wartono (2017) 'Concept Acquisition of Rotational Dynamics by Interactive Demonstration and Free-Body Diagram', *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 11(3), pp. 291–298. doi: 10.11591/edulearn.v11i3.6410.
- Rasheed, R. A., Kamsin, A. and Abdullah, N. A. (2020) 'Challenges in the online component of blended learning: A systematic review', *Computers and Education*, 144(September 2019), p. 103701. doi: 10.1016/j.compedu.2019.103701.
- Rehn, D. A. *et al.* (2013) 'Tools for high-tech tool use: A framework and heuristics for using interactive simulations', *Journal of Teaching and Learning with Technology*, 2(1), pp. 31–55.
- Siu-Ping, N. and Chak-Him, F. (2020) 'Flipped Classroom With Simulation Assists Students Learning the Vector Knowledge', *Journal of Education and Training Studies*, 8(12), p. 35. doi: 10.11114/jets.v8i12.5093.
- Wee, L. K. *et al.* (2012) 'Using tracker as a pedagogical tool for understanding projectile motion', *Physics Education*, 47(4), pp. 448–455. doi: 10.1088/0031-9120/47/4/448.
- Wieman, C. E. *et al.* (2010) 'Teaching Physics Using PhET Simulations', *The Physics Teacher*, 48(4), pp. 225–227. doi: 10.1119/1.3361987.
- Wutchana, U., Bunrangsri, K. and Emarat, N. (2015) 'Teaching Basic Vector Concepts : A Worksheet for the Recovery of Students ' Vector Understanding', *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 7(1), pp. 18–28. Available at: <http://www.ijpce.org/Teaching-Basic-Vector-Concepts-A-Worksheet-for-the-Recovery-of-Students-Vector-Understanding,78454,0,2.html>.
- Wutchana, U. and Emarat, N. (2011) 'Students ' Understanding of Graphical Vector Addition in One and Two Dimensions', 3(2), pp. 102–111.
- Yuliati, L., Nisa, F. and Mufti, N. (2020) 'Acquisition of projectile motion concepts on phenomenon based physics' experiential learning', *Journal of Physics: Conference Series*, 1422(1). doi: 10.1088/1742-6596/1422/1/012007.
- Zacharis, N. Z. (2015) 'A multivariate approach to predicting student outcomes in web-enabled blended learning courses', *Internet and Higher Education*, 27, pp. 44–53. doi: 10.1016/j.iheduc.2015.05.002.