EKSPLORASI KONSEP DASAR BIOMEKANIKA PADA PERMAINAN JEMPARINGAN

Dimas Pemilwan Putu Praja[1], Namimatus Zahroh[2], Nur Salimah[3] , Nur Afifatul Izza[4] dan Qurrotul Aisyah Mulyasari[5]

[1]Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Trunojoyo Madura, 69162, Indonesia.
dimaspemilwan11@gmail.com
[2]Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Trunojoyo Madura, 69162, Indonesia.
namimatuszahroh@gmail.com
[3]Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Trunojoyo Madura, 69162, Indonesia.
nursalimah1818@gmail.com
[4]Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Trunojoyo Madura, 69162, Indonesia.
nurafifatulizza2334@gmail.com
[5]Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Trunojoyo Madura, 69162, Indonesia.
mulyaaishaa@gmail.com

Diterbitkan tanggal: 15 Februari 2026

Abstrak

Jemparingan merupakan sebuah permainan tradisional khas dari daerah Yogyakarta yang sarat akan makna dan filosofi. Permainan tradisional Jemparingan merupakan salah satu contoh dari kearifan lokal yang dapat dikaji konsep fisikanya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menggali secara mendalam konsep biomekanika pada permainan tradisional Jemparingan. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode literatur review. Hasil penelitian ini yaitu permainan Jemparingan memiliki banyak sekali konsep fisika di dalamnya, diantaranya yaitu poros gerak dalam panahan, hukum Newton (I,II, dan III), prinsip gaya horizontal dan vertikal, force, hukum Hooke dan energi potensial elastis, gaya gravitasi, gaya gesekan, gaya lentur dan elastis, gaya tarik, gaya dorong, gaya pegas, sudut peluncuran dan tinggi lintasan, energi, impuls, sudut tembak, gesekan udara, lever jenis 1, lever jenis 2, dan lever jenis 3.

Kata Kunci: Biomekanika, Jemparingan, Konsep Fisika, Pembelajaran.

Abstract

Jemparingan is a traditional archery game originating from Yogyakarta that is rich in meaning and philosophy. This traditional game represents a form of local wisdom that can be examined through the lens of physics concepts. The purpose of this study is to explore in depth the biomechanical concepts found in the traditional Jemparingan game. The research method used is a literature review. The results of this study show that Jemparingan involves numerous physics concepts, including axes of motion in archery, Newton's Laws (I, II, and III), principles of horizontal and vertical forces, force, Hooke's Law and elastic potential energy, gravitational force, frictional force, bending and elastic forces, tension, pushing force, spring force, launch angle and trajectory height, energy, impulse, shooting angle, air resistance, and lever systems of types I, II, and III.

Keywords: Biomechanics, Jemparingan, Physics Concepts, Learning.

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang kaya sekali akan budayanya (Nurmasyitah, Virnalita, & Lubis, 2022). Kebudayaan unik Indonesia yang diwariskan secara turun temurun oleh nenek moyang adalah salah satu daya tarik dari negara ini. Pengetahuan, kepercayaan, kesenian, moral, hukum, dan adat istiadat adalah semua komponen yang membentuk kebudayaan yang kompleks. Permainan tradisional telah menjadi bagian dari budaya masyarakat yang diwariskan dari nenek moyang ke zaman modern. Permainan tradisional biasanya mengandung karakteristik dari wilayah masing-masing, terutama terlihat pada aspek bahasa, seni, dan adat istiadat. Dikatakan tradisional karena

permainan ini telah ada sejak lama dan dimainkan dengan peralatan yang sederhana. Peralatan yang digunakan sederhana, tetapi fokusnya adalah kemampuan pemain untuk berkolaborasi dan membangun hubungan (Petege, Irawan & Iyai, 2023).

Kebudayaan dan pendidikan merupakan dua hal yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain dalam kehidupan sehari-hari, karena budaya merupakan informasi perilaku yang dimiliki oleh sekelompok orang. Perilaku tersebut terdapat dalam masyarakat, adat istiadat, bahasa, pakaian, bangunan dan karya seni. Pendidikan merupakan kebutuhan dasar bagi setiap orang dan masyarakat. Kebudayaan dan pendidikan mempunyai peranan yang sangat penting dalam pembinaan dan pengembangan nilai-nilai luhur bangsa, yang berpengaruh terhadap perkembangan karakter yang berbasis pada nilai-nilai luhur budaya. Kebudayaan merupakan suatu kesatuan utuh yang terintegrasi dengan masyarakat (Nurmasyitah, Virnalita, & Lubis, 2022).

Permainan tradisional merupakan warisan budaya yang harus diwariskan kepada generasi muda. Permainan tradisional memiliki banyak manfaat, diantaranya yaitu dapat membentuk kreativitas anak, emosi, meningkatkan kecerdasan sosial, mendekatkan anak dengan alam, mengembangkan motorik anak, mengembangkan kesehatan, mengasah. kepekaan anak, dan lain sebagainya (Nurmasyitah, Virnalita, & Lubis, 2022). Selain manfaat tersebut, permainan tradisional juga dapat dikaitkan dengan pembelajaran di kelas, salah satunya pembelajaran fisika. Konsep dalam permainan tradisional dapat memudahkan guru dalam mengajar peserta didik (Rumiati, Handayani, & Mahardika, 2021).

Faktanya pembelajaran fisika di sekolah kurang begitu peduli pada budaya lokal yang ada di daerah setempat (Nurmasyitah, Virnalita & Lubis., 2022). Pembelajaran fisika di sekolah saat ini jarang menyentuh budaya lokal dan menerapkannya pada peserta didik (Afifa *et al*., 2023).Saat ini pembelajaran fisika di sekolah fokus hanya pada materi buku dan pembelajaran fisika jarang menjelaskan dan menerapkan realitas budaya di sekitar peserta didik. Materi pembelajarannya juga masih sedikit kaitannya dengan budaya (Nurmasyitah, Virnalita & Lubis, 2022).

Pembelajaran fisika hendaknya menjadi pembelajaran yang menarik, karena fisika berkaitan dengan fenomena alam yang dekat dengan lingkungan peserta didik (Astuti dan Bhakti., 2021). Pembelajaran bermakna dapat diperoleh dengan menerapkan prinsip pembelajaran yang kontekstual (Febrianty *et al*., 2023). Budaya lokal yang digunakan dalam pembelajaran fisika dapat mentransformasikan pandangan kaku terhadap fisika menjadi sains bagi kehidupan sehari-hari (Wanda et al., 2023).

Permainan tradisional Jemparingan merupakan salah satu contoh dari kearifan lokal yang dapat dikaji konsep fisikanya. Jemparingan merupakan sebuah permainan tradisional khas dari daerah Yogyakarta yang sarat akan makna dan filosofi. Jemparingan berasal dari bahasa Jawa yaitu "Jemparing" yang berarti panah. Permainan tradisional ini sangat mirip dengan cabang olaraga panahan karena juga menggunakan busur yang disebut gandewa yang terbuat dari kayu dan bambu, anak panah, dan juga wong-wongan/ bandul (sasaran), dimana sasarannya yaitu silinder kecil bukan lagi berbentuk lingkaran (Dyahningtyas, 2022). Berbeda dengan olahraga panahan lainnya yang dilakukan sambil berdiri, Jemparingan dilakukan dalam posisi duduk dengan menyilangkan kaki. Pemanah jemparingan juga tidak membidik dengan matanya, melainkan meletakkan busur di depan perutnya sehingga bidikannya berdasarkan emosi Sagitarius (Susanti et al, 2023).

Pemanfaatan permainan tradisional sebagai materi edukasi juga dapat menyelamatkan eksistensi permainan tradisional saat ini (Afkarina & Sudarti, 2021). Dengan pembelajaran fisika disertai permainan tradisional diharapkan siswa dapat mempelajari fisika dengan mudah dan memahami materi fisika dengan baik (Astuti & Bhakti, 2021). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menggali secara mendalam konsep biomekanika pada permainan tradisional Jemparingan, dan untuk melestarikan warisan budaya yang ada di Indonesia.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dengan metode penelitian *literatur review*, yang akan melakukan analisis literatur tentang studi permainan tradisional, terutama pada permainan Jemparingan dari Yogyakarta. Artikel jurnal penelitian dikumpulkan sesuai dengan persyaratan. Sumber artikel jurnal yang akan direview dicari sesuai dengan judul penelitian. Variabel disesuaikan dengan persyaratan penulis. Artikel jurnal yang dicari mulai tahun 2021 sampai 2024. Karena data yang diperoleh dari penelitian terdahulu dan relevan digunakan untuk menghasilkan informasi baru yang mendukung penelitian, metode pengumpulan data melalui observasi merupakan komponen yang sangat penting dalam pengumpulan informasi dan data dilapangan. Untuk tujuan referensi, data penelitian ini dikumpulkan dari dokumen penelitian sebelumnya. Untuk mendapatkan data data ini, penulis menggunakan Google Scholar dan beberapa artikel jurnal yang relevan. Sumber yang didapatkan mengacu pada artikel tahun 2024 sampai kebelakang hingga artikel paling awal pada tahun 2020. Kata kunci yang digunakan untuk mencari sumber adalah mengenai konsep biomekanika pada permainan tradisional Jemparingan. Kata kunci yang dipakai dalam mendapatkan data data ini dipakai untuk melengkapi penelitian yang terkait antara lain permainan tradisional, Jemparingan, biomekanika, serta analisis konsep fisika.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil penelitian ini yaitu terdapat banyak sekali konsep fisika yang ada pada permainan Jemparingan. Konsep-konsep fisika tersebut diantaranya yaitu seperti poros gerak dalam panahan, hukum Newton (I,II, dan III), prinsip gaya horizontal dan vertikal, force, hukum Hooke dan energi potensial elastis, gaya gravitasi, gaya gesekan, gaya magnus, gaya lentur dan elastis, gaya tarik, gaya dorong, gaya pegas, sudut peluncuran dan tinggi lintasan, energi, impuls, sudut tembak, gesekan udara, lever jenis 1, lever jenis 2, dan lever jenis 3.

Konsep-konsep fisika yang ada pada permainan Jemparingan adalah sebagai berikut:

Konsep Fisika dan Keterangannya



Gambar 1. Hukum Newton 1



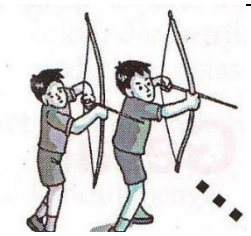
Gambar 2. Hukum Newton 2



Gambar 3. Hukum Newton 3



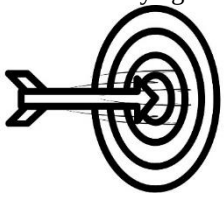
Gambar 4. Gaya Lentur dan Elastis



Gambar 10. Gaya pegas



Gambar 11. Gaya gravitasi



Gambar 12. Gaya gesekan



Gambar 13. Gaya dorong



Gambar 5. Gaya Horizontal dan Vertikal



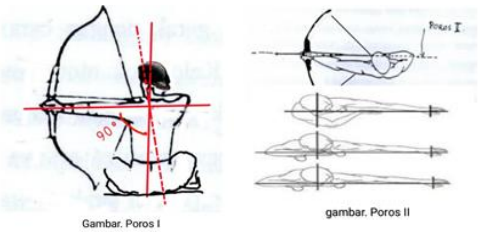
Gambar 6. Sudut Peluncuran



Gambar 7. Gerak Parabola



Gambar 8. Hukum Hooke dan energi potensial



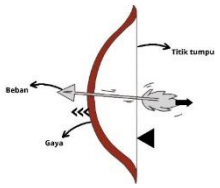
Gambar 9. Poros gerak dalam Jemparingan



Gambar 14. Force dan gaya tarik



Gambar 15. Lever Jenis 1



Gambar 16. Lever Jenis 2



Gambar 17. Lever Jenis 3

Sumber gambar : https://youtu.be/RQfdemBHJB0?si=o0hZBU8hGKL_2vQU

Hukum I Newton (hukum inersia) yaitu suatu benda tetap diam atau bergerak lurus dengan kecepatan tetap kecuali ada gaya eksternal. Hukum Newton I dapat dimyatan dengan rumus ΣF = 0 .....(1). Rumus tersebut menyiratkan a = 0 (benda tidak mengalami percepatan). Penting untuk diperhatikan bahwa ΣF = 0 bukan berarti jumlah gaya yang bekerja pada benda adalah nol, tetapi menunjukkan sifat fisik bahwa tidak ada gaya yang bekerja pada benda tersebut (Taufiq & Kaniawati, 2023). Anak panah dalam konteks Jemparingan akan bergerak dengan kecepatan konstan kecuali ada interaksi dengan gaya eksternal lainnya yang membuat anak panah berhenti. Hukum kedua Newton (hukum gerak) yaitu besarnya gaya pada suatu benda sebanding dengan percepatan yang dihasilkan. Hukum II Newton dapat dinyatakan bahwa dalam kerangka acuan diam, percepatan benda sebanding dengan gaya yang bekerja pada benda tersebut dan berbanding terbalik dengan massa benda tersebut. Rumus hukum ini yaitu $\Sigma F = m.a$ ..... (2) (Taufiq & Kaniawati, 2023). Kekuatan pukulan dan gerakan pemain dalam Jemparingan menentukan percepatan benda yang dipukul atau diterima. Hukum ketiga Newton (hukum aksi dan reaksi) yaitu untuk setiap aksi selalu ada reaksi yang sama besar dan berlawanan arah. Rumus hukum ini yaitu $Faksi = -Freaksi$ ..... (3) (Taufiq & Kaniawati,

2023). Setiap serangan atau gerakan yang dilakukan pemain Jemparingan akan mempengaruhi lawan dengan kekuatan yang sama namun berlawanan arah.

Konsep gaya lentur dan gaya elastis mengacu pada bagaimana Jemparingan merespons tekanan atau gaya yang diberikan padanya (Mayanti, Poluakan, & Tumimomor, 2022). Pada gaya lentur terjadi bila panahan melengkung. Panahan akan melengkung bila ada tekanan atau sejumlah gaya tertentu yang diberikan padanya, namun akan kembali ke bentuk semula bila gaya tersebut dihilangkan. Pada gaya elastis berkaitan dengan kemampuan panahan untuk mengembalikan energi yang tersimpan ketika mengalami deformasi sementara. Gaya elastis dalam konteks Jemparingan memungkinkan panahan menyimpan energi ketika ditekan atau lentur dan memulihkan energi ketika kembali ke bentuk aslinya, sehingga meningkatkan kekuatan pukulan atau gerakan.

Prinsip gaya horizontal mengacu pada gerakan menyamping (Firaz *et al*., 2021) seperti gerakan menarik panah pada Jemparingan. Prinsip gaya vertikal mengacu pada gerakan ke atas atau ke bawah seperti jatuhnya panah. Gaya vertikal pada permainan jemparingan mengacu pada sikap pemain dalam membidik sasaran. Sudut peluncuran akan menentukan tinggi lintasan (Hartomo, Sofyan, & Prasetyo, 2021). Sudut peluncuran optimal untuk jarak terjauh adalah sekitar 45 derajat. Semakin tinggi anak panah dilepaskan, semakin tinggi pula lintasannya. Sudut Peluncuran merupakan sudut yang terbentuk antara arah awal panah Jemparingan dengan garis horizontal saat dilepaskan dari busur Jemparingan. Sudut peluncuran memiliki hubungan yang erat dengan konsep gerak parabola dalam fisika.

Gerak parabola adalah gerakan dua dimensi yang dialami oleh benda yang dilempar atau ditembakkan dengan sudut tertentu terhadap bidang horizontal, mengabaikan hambatan udara. Benda tersebut akan bergerak di bawah pengaruh gaya gravitasi bumi. Lintasan yang ditempuh benda berbentuk seperti parabola. Sudut peluncuran mempengaruhi bentuk lintasan parabola. Semakin besar sudut peluncuran (lebih mendekati 90°) maka semakin tinggi dan pendek lintasan parabola. Sebaliknya, semakin kecil sudut peluncuran (lebih mendekati 0°) maka semakin rendah dan jauh lintasan parabola. Sudut peluncuran yang ideal pada permainan Jemparingan yakni bisa lebih rendah dari 45 derajat karena jarak target dalam jemparingan umumnya lebih dekat dibandingkan olahraga panahan. Tujuannya adalah untuk menghasilkan lintasan yang lebih datar dan terarah.

Hukum Hooke merupakan hukm mengenai gaya yang terjadi karena sifat elastisitas dari sebuah pegas (Sianturi, & Azhari, 2022). Hukum Hooke terjadi saat pemain menarik tali busur. Saat busur ditarik, tali akan meregang. Hal ini menghasilkan gaya elastis yang bekerja pada tali busur. Besarnya gaya elastis ini sebanding dengan pertambahan panjang tali busur. Secara umum, rumus Hukum Hooke dapat dituliskan $F = k. \Delta x$. F ..... (4) adalah gaya yang diberikan (N), K adalah tetapan gaya atau konstanta pegas (N/m), Δx adalah pertambahan/perubahan panjang (m). Energi potensial elastis disimpan dalam tali yang diregangkan. Energi potensial elastis merupakan energi yang tersimpan dalam suatu benda yang mengalami deformasi atau perubahan bentuk elastis.

Teknik memanah yang benar berkaitan dengan anatomi dan mekanika gerak. Dengan mekanika gerak, akan tercipta keajegan (*consistency*) yang baik. Mekanika gerak yang terkait dalam olahraga panahan adalah dua poros (*axis*) gerak yaitu poros I dan poros II. Poros I (satu) sikap bahu dan sikap lengan penahan busur (bow hand) satu garis lurus. Poros II (dua) sikap bahu dan sikap lengan penahan busur (draw hand) satu garis lurus. Poros gerak dalam panahan: terdapat 2 poros gerak dalam panahan, yaitu poros I dan poros II. Poros I (satu) adalah sikap bahu dan sikap lengan penahan busur dalam satu garis lurus. Poros II (dua) adalah posisi panah dan lengan penarik dalam satu garis lurus.

Pemanah dalam permainan Jemparingan menarik busurnya untuk menembakkan anak panah. Saat menarik busur, tali busur akan meregang. Peregangan ini menciptakan gaya pegas pada anak panah yang mendorongnya ke depan saat busur dilepaskan. Tali busur terdiri dari pegas yang akan menyimpan energi potensial elastis ketika diberi tekanan saat diregangkan. Gaya pegas pada busur membantu menyimpan energi saat busur ditarik dan melepaskannya saat busur dilepaskan. Konstanta pegas adalah besarnya gaya yang diperlukan atau harus diberikan agar terjadi perubahan panjang sebesar satu satuan panjang. Semakin besar nilai konstanta maka elastisitas pegas semakin rendah dan sebaliknya (Refiantoro & Kurniawanti, 2022).

Gaya gravitasi dalam permainan jemparingan, mempengaruhi lintasan panah jemparingan. Semakin tinggi panah dilepaskan, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tanah karena gaya gravitasi ini menariknya ke bawah (Lestari *et al*., 2024). Gaya gravitasi bumi menarik panah jemparingan ke arah bawah. Gaya ini memperlambat kecepatan panah jemparingan saat terbang.Tarik menarik bumi menarik panah ke bawah sehingga menyebabkan lintasan panah melengkung ke bawah. Gaya gesek adalah gaya yang ditimbulkan akibat permukaan benda yang saling bergesekan (Fitri, Utami, & Kurniawati, 2024). Gaya gesek antara anak panah dengan papan sasaran yaitu saat anak panah mengenai sasaran, terjadi gesekan keluar antara anak panah dan papan sasaran. Gaya gesekan ini dapat memperlambat gerak anak panah dan membantu anak panah menempel/menancap pada papan sasaran.

Gaya dorong adalah gaya yang dapat bekerja pada suatu objek, dimana mendorong objek menuju sumber gaya (Agustina & Desstya, 2022). Konsep gaya dorong dalam permainan tradisional Jemparingan merujuk pada teknik pendorongan panah dengan menggunakan tangan yang membantu panah untuk mencapai target. Pendorongan dilakukan dengan menggunakan tangan yang bersilangan di depan dada. Teknik ini membutuhkan keseimbangan, kekuatan, dan koordinasi yang baik antara tubuh dan panah untuk mencapai akurasi yang tinggi dalam menembak sasaran. Dorongan busur pemanah membantu meluruskan busur setelah dilepaskan.

Force/gaya yang di gunakan dalam proses release adalah gaya internal (tekan) / *internal forces* terutama saat scapulae dan sikut pada lengan kanan menarik kebelakang. Vector/arah gaya terjadi saat gerakan sikut lengan kanan menarik tali busur sampai melepaskan anak panah, sedangkan *external forces* terjadi sejak awal sampai proses release, di luar tubuh, Hambatan udara dan gravitasi juga berpengaruh pada saat melakukan gerakan. Pada gaya (*force*) terdapat beberapa rumus fisika yang digunakan, seperti Hukum Newton II, Gaya Berat, Gaya Gesek, dan Hukum Newton III. *Force* atau gaya pada panahan yaitu gaya tarikan, gaya dorongan, gaya hambatan, gaya gravitasi, dan gaya aerodinamika. (Daharis, Gazali, & Candra, 2022). Gaya tarik adalah gaya yang diberikan oleh penembak pada jemparingan saat ditarik ke belakang. Besarnya gaya tarik menentukan kecepatan awal jemparan saat diluncurkan. Semakin besar gaya tarik, semakin tinggi kecepatan awal jemparan dan semakin jauh jarak tempuhnya, gaya tarik juga menentukan energi potensial yang tersimpan dalam busur.

Lever jenis 1 mencakup titik tumpu (titik tumpu), beban (anak panah), dan gaya yang diterapkan (seperti tangan pemain). Misalnya, jika pemain menggunakan tangannya sebagai titik tumpu, menggunakan salah satu ujung anak panah sebagai beban, dan memberikan gaya pada ujung anak panah yang lain untuk mendorongnya, tuas Tipe 1 beroperasi dengan menerapkan gaya. Dengan mengatur posisi dan gaya yang diterapkan, pemain dapat mengontrol kecepatan dan arah lemparan bola agar mencapai sasaran dengan akurat.

Pada permainan jemparingan, lever 2 (tuas dengan beban di antara titik tumpu dan gaya) memiliki peran penting dalam mekanisme pelepasan anak panah, yaitu pada busur panah dan lengan penarik busur. Busur panah pada jemparingan berfungsi sebagai tuas jenis. Letak busur, atau titik tumpu yakni terletak di antara gaya titik pelepasan (ketegangan tali) dan anak panah (beban).

Lever jenis 3 yakni gaya (effort) berada diantara titik tumpu dan beban (load). Misalnya pada permainan jemparingan titik tumpunya yaitu tempat dimana busur dipegang. Gaya (effort) diberikan oleh pemain saat menarik busur. Beban (load) merupakan energi potensial yang tersimpan dalam busur ketika ditarik. Ketika seorang pemain menarik busur untuk menyiapkan tembakannya, ia memberikan gaya pada busur. Gaya ini diterapkan pada busur dengan menggunakan tangan dan lengan pemain. Ketika busur ditarik, energi potensial disimpan dalam busur. Ketika panah dilepaskan, energi potensial tersebut diubah menjadi energi kinetik yang mendorong panah ke arah target.

Kesimpulan dan Saran

Artikel ini menguraikan penerapan prinsip-prinsip dasar fisika dalam olahraga tradisional jemparingan. Penerapan hukum-hukum Newton, yaitu hukum inersia, hukum gerak, dan hukum aksi-

reaksi, menjadi fundamental dalam menjelaskan dinamika gerakan anak panah. Selain itu, konsep gaya lentur dan gaya elastis yang terdapat pada busur panah menjelaskan bagaimana energi disimpan dan dilepaskan selama proses memanah. Gaya horizontal dan vertikal, bersama dengan sudut peluncuran, memainkan peran penting dalam menentukan lintasan parabola anak panah, dengan sudut peluncuran optimal yang mendekati 45 derajat untuk mencapai jarak maksimal. Hukum Hooke diterapkan untuk menggambarkan elastisitas tali busur saat ditarik, yang sebanding dengan gaya yang diberikan. Lebih lanjut, artikel ini menyoroti pengaruh gaya gravitasi dan gaya gesek dalam memperlambat dan menancapkan anak panah pada sasaran, serta peran gaya dorong dan gaya tarik dalam meningkatkan kecepatan dan akurasi tembakan. Prinsip tuas juga diaplikasikan dalam teknik memanah untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi. Secara keseluruhan, pemahaman mendalam mengenai konsep-konsep fisika ini memberikan wawasan berharga dalam meningkatkan teknik dan performa dalam permainan jemparingan. Penerapan prinsip-prinsip fisika dalam olahraga ini tidak hanya meningkatkan keakuratan tembakan, tetapi juga memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai mekanika gerak dan energi dalam konteks permainan tradisional.

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu sebaiknya mengembangkan kajian biomekanika Jemparingan melalui eksperimen langsung sehingga diperoleh data kuantitatif seperti besar gaya tarik, kecepatan awal panah, dan sudut peluncuran yang lebih akurat. Kajian juga dapat diperluas dengan menganalisis pengaruh berbagai bahan busur dan anak panah terhadap energi elastis serta akurasi tembakan. Selain itu, penerapan model pembelajaran berbasis budaya lokal yang mengintegrasikan Jemparingan ke dalam materi fisika dapat diteliti lebih lanjut untuk melihat dampaknya terhadap pemahaman konsep peserta didik. Penggunaan simulasi digital atau perangkat lunak analisis gerak juga dapat menjadi alternatif untuk memperkaya visualisasi, meningkatkan ketelitian analisis, dan memperkuat validitas temuan penelitian.

Ucapan Terimakasih

Kami selaku penyusun artikel ingin mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang membantu dalam penyusunan artikel ini. Kata banyak terima kasih kami ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena karunia-Nya kami dapat diberikan kesehatan serta kemudahan pada saat menyusun artikel. Kepada Ibu Maria Chandra Sutarja, S.Pd., M.Pd selaku dosen pengampu mata kuliah Pengantar Biofisika yang telah membantu dan membimbing kami dalam menyusun artikel ini. Kepada Dimas Pemilwan Putu Praja, Namimatus Zahroh, Nur Salimah, Nur Afifatul Izza, dan Qurrotul Aisyah Mulyasari atas kerja sama yang baik dalam proses penelusuran sumber, pengumpulan referensi, serta diskusi yang konstruktif sehingga artikel ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Para peneliti dan penulis terdahulu yang karyanya menjadi rujukan penting dalam analisis pada artikel ini. Serta rekan-rekan mahasiswa kelas Pengantar Biofisika yang telah memberikan ide, masukan, serta diskusi yang membantu mempertajam pembahasan dalam artikel.

Daftar Pustaka

Afifa, J. I., *et al*. (2023). Kajian Konsep Fisika Berbasis Etnofisika Pada Alat Tradisional Sumatera Utara Panggilingan. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, *6*(1), 20-26.

Agustina, R. N. W., & Desstya, A. (2022). Studi Eksplorasi Konsep Gaya dan Gerak pada Tari Dhadak Merak Reog Ponorogo. *Jurnal Basicedu*, *6*(4), 5624-5631.

Astuti, I. A. D., & Bhakti, Y. B. (2022). Analisis Konsep Fisika pada Permainan Tradisional Gasing sebagai Bahan Ajar Fisika. *Navigation Physics : Journal of Physics Education*, *3*(2), 74–79. https://doi.org/10.30998/npjpe.v3i2.869

Dahari., Gazali, N., & Candra, O. (2022). *Biomekanika Olahraga.* Malang : Ahli Media Press

Dyahningtyas, A. A. S. (2022). Implementasi Kebudayaan Kemataraman dalam Pembelajaran Seni di TK Pangudi Luhur Boro, Yogyakarta. *Jurnal AUDHI*, *5*(1), 32-41.

Febrianty, W., Saputra, R. D., Amri, H. A., Rahmat, F. N., Handayani, R. D., & Putra, P. D. A. (2023). Eksplorasi Konsep Fisika Kesetimbangan Benda Tegar pada Permainan Tradisional Engklek sebagai Bahan Pembelajaran Fisika. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, *7*(1), 109–120. https://doi.org/10.37478/optika.v7i1.2761

Firaz, M. F., *et al.* (2021). Analisis Kestabilan Bendung Untuk Pemenuhan Kebutuhan Air (Studi Kasus Kota Bima). *Jurnal Pertambangan dan Lingkungan*, 2(2), 26-31.

Irawan, F. A., Billah, T. R., Sahri, S., Indardi, N., & Rahesti, N. (2023). Dibalik gerakan tendangan double pencak silat: Kajian sistematik dalam analisis biomekanika. *Jurnal Pedagogi Olahraga dan Kesehatan*, *4*(2), 51–61. https://doi.org/10.21831/jpok.v4i2.19406

Kraton Jogja. (2018, 6 Maret). Jemparingan Mataram. [Video]. Youtube. https://youtu.be/RQfdemBHJB0?si=o0hZBU8hGKL_2vQU

Mayan, A., Poluakan, C., & Tumimomor, F. R. (2022). Pengaruh Model Problem Based Learning (PBL) Menggunakan Metode Demonstrasi dan Eksperimen pada Pembelajaran Fisika tentang Hukum Newton. *Jurnal Pendidikan Fisika*, *3*(1), 9-14.

Nurmasyitah, N., Virnalita, V., & Lubis, N. A. (2022). Kajian Etnofisika Konsep Gerak Parabola Pada Permainan Tradisional Aceh "Geulengkue Teu Peu Poe." *Jurnal Pendidikan Fisika*, *10*(2), 245. https://doi.org/10.24127/jpf.v10i2.5217

Susanti, N., *et al*. (2023). Revitalization of the Traditional Archery Sport Art of Jemparingan through the Unisma House of Culture and Civilization Program: Revitalisasi Seni Olahraga Panahan Tradisional Jemparingan Melalui Program Rumah Budaya dan Peradaban Unisma. *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *7*(4), 1118–1127. https://doi.org/10.31849/dinamisia.v7i4.15714

Petege, I., Irawan, F. A., & Iyai, M. (2023). Revitalisasi Permainan Tujuh Sebagai Permainan Asli Kabupaten Nabire Papua. *DINAMISIA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *7*(4), 1183-1127. https://doi.org/10.31849/dinamisia.v7i4.15714

Rahesti, N., Irawan, F. A., & Chuang, L.-R. (2023). Analisis permainan tradisional dalam pelestarian budaya: Systematic literatur review. *Jurnal Pedagogi Olahraga dan Kesehatan*, *4*(1), 22–29. https://doi.org/10.21831/jpok.v4i1.19304

Refiantoro, R, F., & Kurniawanti. (2022). Penentuan Konstanta Pegas dalam Hukum Hooke pada Rangkaian Tunggal, Seri dan Paralel. *Journal of Industrial Engineering Universitas PGRI Yogyakarta*, *1*(2), 53-60.

Rumiati, R., Handayani, R. D., & Mahardika, I. K. (2021). Analisis Konsep Fisika Energi Mekanik Pada Permainan Tradisional Egrang Sebagai Bahan Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika*, *9*(2), 131. https://doi.org/10.24127/jpf.v9i2.3570

Saputra, A. A., Wahyudin, W., & Nugraha, B. (2020). Analisis Manual Material Handling dalam Mengangkat Bahan Baku dengan Menggunakan Metode Pendekatan Biomekanika Kerja (Ergonomi) di PT. XYZ. *Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri*, *20*(2), 137. https://doi.org/10.36275/stsp.v20i2.271

Sianaturi, H, A., & Azhari. (2022). *Buku Ajar Fisika Dasar Bagian 2*. Pekalongan: PT. Nasya Expanding Management.

Taufiq, M., & Kaniawati, I. (2023). Mekanika Newtonian dan Signifikansi Filosofisnya. *Jurnal Filsafat Indonesia*, *6*(2), 246-257.

Yudhatama, A., Bangun, W. A., & Siregar, A. P. (2022). Analisis Biomekanika Gerakan Teknik Servis pada Tenis Lapangan. *Riyadhoh : Jurnal Pendidikan Olahraga*, *5*(2), 78. https://doi.org/10.31602/rjpo.v5i2.9395