



Efektivitas Pembelajaran dengan Diagram Benda Bebas pada Hukum Newton secara Terintegrasi untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Siswa

F N Aini dan A Suyudi*

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang 5, Malang, 65145, Indonesia

*E-mail: agus.suyudi.fmipa@um.ac.id

Received
23 Juli 2020

Revised
26 Juli 2020

Accepted for Publication
29 Agustus 2020

Published
03 September 2020



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Abstract

This study aims to see the effectiveness of learning with free body object diagrams in Newton's Law in an integrated manner in improving students' mastery of concepts. This study used a mixed method with an embedded experimental design with 34 students of class X SMA Laboratorium Universitas Negeri Malang. The data discussed in this article were obtained through the *pretest* and *posttest*. The question instrument used was 18 reasoned multiple-choice questions. The results showed that learning significantly improved students' mastery of concepts with an N-gain value of 0.261 and an effect size of 2.145.

Keywords: integrated learning, free object diagrams, Newton's Laws.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk melihat efektivitas pembelajaran dengan diagram benda bebas pada Hukum Newton secara terintegrasi dalam meningkatkan penguasaan konsep siswa. Penelitian ini menggunakan *mixed method* dengan *embedded experimental design* dengan subjek penelitian 34 siswa kelas X SMA Laboratorium Universitas Negeri Malang. Data yang dibahas dalam artikel ini diperoleh melalui *pretest* dan *posttest*. Instrumen soal yang digunakan adalah 18 soal pilihan ganda beralasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran dapat meningkatkan penguasaan konsep siswa secara signifikan dengan nilai N-gain 0,261 dan *effect size* 2,145.

Kata Kunci: pembelajaran terintegrasi, diagram benda bebas, Hukum Newton.

1. Pendahuluan

Salah satu tujuan penting pembelajaran fisika adalah dapat dipahaminya konsep dan prinsip fisika secara baik dan mendalam oleh siswa [1]–[3]. Penguasaan konsep yang baik akan membantu siswa dalam menyelesaikan masalah terkait [2], [4], termasuk dalam topik Hukum Newton. Pengetahuan tentang Hukum Newton merupakan pengetahuan dasar yang harus dikuasai dengan baik. Pemahaman yang kuat tentang Hukum Newton merupakan dasar dalam mempelajari cabang dari fisika yang lainnya [5]. Ketika pengetahuan mekanika Newton dapat dikuasai dengan baik, maka akan mudah dalam mempelajari cabang fisika yang lainnya [6].

Topik Hukum Newton merupakan topik fundamental dalam fisika. Pengetahuan tentang Hukum Newton juga telah dikenalkan mulai tingkat sekolah dasar. Meskipun begitu, penelitian menunjukkan masih banyak saja kesulitan yang dialami siswa maupun mahasiswa dalam memahami konsep ini. Kesulitan yang dialami juga beragam, mulai dari hubungan arah gaya, kecepatan, dan percepatan [7], konsep gaya dan resultan gaya [8], gaya, massa, dan percepatan [9], integrasi persamaan matematis [10], serta kesulitan yang lainnya.

Kesulitan siswa dalam memahami topik Hukum Newton diantaranya karena konsep yang dibangun siswa berdasarkan pengalaman sehari-hari. Siswa datang ke kelas dengan membawa berbagai macam prekonsepsi [11], [12]. Siswa seringkali membangun ‘teori naif’ tentang bagaimana fisika bekerja [1]. Seringkali pengetahuan yang seperti ini tidak sesuai dengan konsep ilmiah [1], [11]. Pengetahuan tersebut dapat mengganggu dalam pembelajaran. Siswa seringkali lebih percaya pada kejadian yang diamatinya secara langsung, meskipun sebenarnya itu adalah konsep yang salah secara ilmiah [13].

Untuk mengatasi atau menghindari kesulitan dalam memahami interaksi gaya, dapat dengan membangun diagram benda bebas (*free body diagrams*) dalam menganalisis interaksi benda. Diagram benda bebas akan membantu dalam menganalisis gaya-gaya yang bekerja pada objek. Keterampilan membuat diagram benda bebas berpengaruh terhadap pemahaman konsep siswa serta kemampuan pemecahan masalahnya [14]. Penggunaan representasi visual seperti diagram interaksi juga dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa khususnya pada Hukum III Newton [15]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa siswa yang dapat membuat diagram benda bebas berbantuan diagram interaksi menunjukkan hasil yang positif [16]. Penelitian tentang manfaat diagram benda bebas sudah banyak dilakukan di luar negeri. Namun dalam konteks Indonesia belum banyak dilakukan, terutama yang disertai dengan pembelajaran ketiga Hukum Newton secara terintegrasi dalam memecahkan masalah gaya dan gerak.

Sejalan dengan kemampuan membuat diagram benda bebas, siswa juga perlu memiliki pengetahuan yang utuh. Struktur pengetahuan yang terpotong-potong bisa menjadi penghambat dalam tercapainya pemahaman konsep oleh siswa [17]. Pengetahuan seperti ini membuat siswa kesulitan dalam memanggil pengetahuan ketika dihadapkan pada suatu permasalahan fisika. Karena itu, penting untuk membentuk suatu pengetahuan yang luas dan utuh pada siswa [3]. Termasuk pengetahuan yang utuh terkait topik Hukum Newton yang termasuk hukum fundamental dalam fisika. Melalui penelitian ini telah diterapkan pembelajaran ketiga Hukum Newton secara terintegrasi dalam memecahkan permasalahan gaya dan gerak. Dalam menganalisis setiap persoalan, siswa juga dilatih untuk menggunakan diagram benda bebas sehingga tahu persis gaya-gaya apa saja yang bekerja pada benda.

2. Metode

Penelitian dilakukan dengan menggunakan *mixed method* dengan *embedded experimental design* yang diadaptasi dari penelitian sebelumnya [18]. Desain penelitian menggunakan *one group pretest and posttest design*, dimana melibatkan satu kelompok yang diobservasi. Subjek penelitian ini adalah 34 orang siswa kelas X SMA Laboratorium Universitas Negeri Malang tahun pembelajaran 2019/2020. Pembelajaran Hukum Newton secara terintegrasi dengan diagram benda bebas dilaksanakan selama tiga minggu dengan waktu 3 x 40 menit setiap minggunya.

Data yang dibahas dalam artikel ini diperoleh melalui *pretest* dan *posttest*. Instrumen soal yang digunakan pada saat *pretest* dan *posttest* terdiri atas 18 pilihan ganda. Soal-soal berasal dari pengembangan soal-soal peneliti, juga dari instrumen yang telah dikembangkan sebelumnya seperti *force concept inventory* [19] dan *the force motion and motion concept evaluation* [20]. Dalam mengerjakan soal, siswa diminta untuk memberikan alasan maupun perhitungan yang menjadi dasar dalam pemillihan opsi jawaban tertentu. Alasan yang diberikan siswa digunakan untuk mengetahui jalan pikiran serta kedalaman pemahaman siswa. Dilakukan pula wawancara terhadap beberapa siswa untuk mengkonfirmasi juga mengetahui kedalaman pengetahuan yang dimiliki siswa dalam menyelesaikan soal-soal yang diberikan.

3. Hasil dan Pembahasan

Efektivitas pembelajaran secara umum dapat dilihat dari perbedaan skor *pretest-posttest* dan N-gain. Paparan statistic deskriptif skor *pretest* dan *posttest* selengkapnya pada Tabel 1

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa penguasaan konsep Hukum Newton mengalami peningkatan dari *pretest* ke *posttest*. Peningkatan dapat dilihat dari nilai rata-rata *posttest* yang lebih tinggi daripada nilai *pretest*. Rata-rata skor penguasaan konsep siswa meningkat dari 2,12 menjadi 6,26. Untuk mengetahui signifikansi perbedaan penguasaan konsep siswa sebelum dan setelah pembelajaran digunakan uji-t berpasangan (*paired sample t-test*) pada skor *pretest* dan *posttest*.

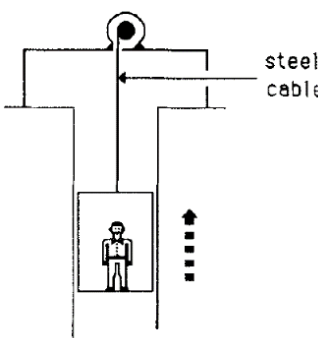
Tabel 1. Statistik deskriptif skor *pretest-posttest*

Statistik	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
Minimum	0	2
Maksimum	7	10
Mean	2,12	6,26
Standar Deviasi	1,533	2,327
<i>Skewness</i>	0,971	-0,142

Skor tes dalam skala 1-18

Lift yang dikaitkan dengan kabel baja bergerak ke atas dengan kecepatan konstan. Apabila semua efek gesekan diabaikan, maka pernyataan yang tepat berkaitan dengan gaya yang bekerja pada lift adalah...

A. Gaya tegang kabel baja lebih besar daripada gaya gravitasi
 B. Gaya tegang kabel baja sama besar dengan gaya gravitasi
 C. Gaya tegang kabel baja lebih kecil dari gaya gravitasi
 D. Gaya tegang kabel baja semakin besar ketika kabelnya semakin pendek



Gambar 1. Soal terkait identifikasi gaya dan pengaruhnya terhadap gerak benda

Sebelum dilakukan uji-t, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas terhadap skor *pretest* dan *posttest*. Tabel 1 menunjukkan nilai *skewness* untuk data *pretest* dan *posttest* berturut-turut adalah 0,971 dan -0,142. Nilai *skewness* tersebut berada dalam rentang -1 dan 1 yang mana menunjukkan bahwa data terdistribusi secara normal [21]. Karena data terdistribusi secara normal, sehingga uji-t berpasangan dapat dilakukan. Uji-t berpasangan didapatkan $t = 12,461$ dengan $p = 0,000$. Nilai $p < 0,05$ menunjukkan bahwa terdapat perbedaan skor yang signifikan antara skor *pretest* dan *posttest*.

Untuk melihat peningkatan skor *pretest* dan *posttest* dilihat menggunakan gain ternormalisasi $\langle g \rangle$. Diperoleh nilai gain ternormalisasi $\langle g \rangle$ sebesar 0,261. Berdasarkan nilai gain ternormalisasi disimpulkan bahwa skor siswa mengalami peningkatan pada kategori rendah. Perhitungan *effect size* menunjukkan nilai sebesar 2,145 dimana termasuk dalam kategori tinggi. Hal ini berarti bahwa secara statistik pembelajaran diagram benda bebas pada Hukum Newton secara terintegrasi memberikan pengaruh yang tinggi terhadap penguasaan konsep siswa yang ditunjukkan oleh perbedaan skor *pretest* dan *posttest* dengan rata-rata skor *posttest* lebih besar dari *pretest*.

Untuk lebih memahami terjadinya peningkatan tersebut, akan disajikan contoh pergeseran jawaban siswa dari *pretest-posttest* terhadap salah satu soal. Akan dibahas soal terkait dengan mengidentifikasi gaya-gaya yang bekerja pada benda dan pengaruhnya terhadap gerakan benda. Pemilihan soal tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa kemampuan mengidentifikasi gaya merupakan kunci keberhasilan dalam memecahkan permasalahan gaya dan gerak. Butir soal disajikan dalam Gambar 1. Siswa diminta untuk dapat mengidentifikasi gaya-gaya yang bekerja pada lift tersebut. Distribusi jawaban siswa dari *pretest* dan *posttest* disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi pilihan opsi jawaban *pretest-posttest*

		POSTTEST					TOTAL	
		A	B*	C	D	B**		
		47,06%	38,24%	0,00%	14,71%	0,00%		
PRETEST	A	70,59%	14	8	0	2	0	24
	B*	2,94%	0	1	0	0	0	1
	C	2,94%	0	0	0	1	0	1
	D	20,59%	2	3	0	1	0	7
	B**	2,94%	0	1	0	0	0	1
TOTAL			16	13	0	5	0	34

*Jawaban benar

**Siswa memilih opsi yang benar namun karena mengarang tanpa alasan yang tepat

Berdasarkan Tabel 2 yang berisikan distribusi jawaban siswa pada saat *pretest* dan *posttest*, terlihat hanya ada 1 siswa (2,94%) yang menjawab benar pada saat *pretest*. Terjadi peningkatan jawaban benar yang cukup besar pada saat *posttest*, yaitu 13 siswa (38,24%) memilih jawaban benar (opsi B). Baik pada saat *pretest* dan *posttest*, opsi jawaban yang dipilih siswa terkonsentrasi pada opsi jawaban A, yaitu 24 siswa (70,59%) memilih A pada saat *pretest* dan 16 siswa (47,06%) pada *posttest*. Total 16 siswa yang memilih jawaban A pada saat *posttest* disumbang oleh siswa 2 siswa yang awalnya memilih jawaban D pada saat *pretest* dan 14 siswa yang tetap memilih opsi jawaban A pada saat *pretest* dan *posttest*.

Terkonsentrasinya jawaban salah *pretest* dan *posttest* pada opsi jawaban A mengindikasikan bahwa banyak siswa memiliki pola pemahaman keliru yang sama. Argumen kebanyakan siswa yang memilih opsi jawaban A menganggap bahwa untuk dapat membuat *lift* bergerak konstan maka gaya tegang kabel baja harus lebih besar dari gaya gravitasi. Diketahui bahwa siswa yang memilih opsi jawaban A belum bisa menghadirkan konsep yang benar. Siswa belum bisa memanggil pengetahuan Hukum Newton dalam menyelesaikan permasalahan. Sehingga siswa masih menggunakan intuisi jika dihadapkan pada soal. Begitu pula terhadap siswa yang memilih opsi jawaban D, pemilihan opsi jawaban hanya didasarkan pada penalaran tanpa konsep Hukum Newton secara tepat.

Meskipun masih terdapat beberapa kekeliruan siswa, penguasaan konsep siswa dalam mengidentifikasi gaya-gaya pada benda mengalami peningkatan yang besar. Peningkatan tersebut diindikasikan oleh meningkatnya jumlah siswa yang memilih opsi benar disertai dengan alasan yang tepat. Sejumlah 13 siswa yang menjawab benar pada saat *posttest*, 9 siswa (69,23%) diantaranya menggunakan analisis diagram benda bebas secara runtut dalam menyelesaikan permasalahan. Sedangkan 4 siswa (30,77%) menggunakan konsep yang tepat namun tidak menggambarkan diagram benda bebas secara runtut.

Berdasarkan analisis diatas terlihat bahwa terdapat korelasi yang positif terhadap kemampuan menggambarkan diagram benda bebas terhadap kemampuan siswa dalam memecahkan permasalahan dengan benar. Siswa yang memiliki kemampuan dalam membangun diagram benda bebas memiliki kesempatan yang lebih besar untuk dapat menyelesaikan soal [22]–[24]. Mengidentifikasi gaya yang bekerja pada benda dapat membantu dalam menyelesaikan masalah. Siswa yang tidak terbiasa menggambarkan gaya-gaya yang bekerja pada benda seringkali mengalami kesulitan dalam menyelesaikan permasalahan [25]. Dengan kata lain kemampuan menggambarkan diagram benda bebas berbanding lurus dengan kemampuan pemecahan masalah oleh siswa.

Penggunaan diagram benda bebas akan membantu mengurangi kesalahan dalam menganalisis gaya-gaya yang bekerja yang pada akhirnya membantu dalam pengerjaan menggunakan analisis Hukum Newton. Dengan menggambarkan diagram benda bebas membantu dalam mengkonstruksi persamaan matematis [22], [26]. Sehingga pembelajaran dengan diagram benda bebas dengan Hukum Newton secara terintegrasi dapat meningkatkan penguasaan konsep siswa dalam menganalisis gaya-gaya dan pengaruhnya terhadap gerak benda. Hasil yang serupa didapatkan dari penelitian [23], dimana pembelajaran dengan diagram benda bebas dengan PS3 (Penyelesaian Soal Secara Sistematis) dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik dikarenakan dapat membantu siswa menguraikan gaya-gaya yang bekerja

4. Kesimpulan dan Saran

Pembelajaran dengan diagram benda bebas pada Hukum Newton secara terintegrasi dipandang efektif dalam membantu siswa meningkatkan penguasaan konsep. Rata-rata skor penguasaan konsep siswa meningkat dari 2,12 menjadi 6,26. Peningkatan skor *pretest* dan *posttest* berada dalam kategori rendah dengan nilai *N-gain* ternormalisasi kelas sebesar 0,261. *Effect size* sebesar 2,145 sehingga dalam kategori tinggi. Secara statistik terdapat perbedaan skor siswa dengan diperoleh hasil uji-t yang berbeda secara spesifik ($p = 0,00$). Selain dari peningkatan skor siswa, penguasaan konsep siswa juga semakin membaik diindikasikan oleh peningkatan jumlah siswa yang mampu menjawab dan memberikan alasan benar dalam menjawab soal *posttest*.

Daftar Rujukan

- [1] J. L. Docktor and J. P. Mestre, "A Synthesis of Discipline-Based Education Research in Physics," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, pp. 1–148, 2014.

- [2] Sutopo, "Students' Understanding of Fundamental Concepts of Mechanical Wave," *J. Pendidik. Fis. Indones.*, vol. 12, no. 1, pp. 41–53, 2016.
- [3] M. R. A. Taqwa, "Profil Pemahaman Konsep Mahasiswa dalam Menentukan Arah Resultan Gaya," in *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains PPs Unesa*, 2017, pp. 79–87.
- [4] Supeno, Subiki, and L. W. Rohma, "Students' Ability in Solving Physics Problems on Newtons' Law of Motion," *J. Ilm. Pendidik. Fis. Al-BiRuNi*, vol. 07, no. April, pp. 59–70, 2018.
- [5] Sutopo, "Students' Understanding of Fundamental Concepts of Mechanical Wave," *J. Pendidik. Indones.*, vol. 12, no. 1, pp. 41–53, 2016.
- [6] D. Hestenes and M. Wells, "A Mechanics Baseline Test," *Phys. Teach.*, pp. 150–166, 1992.
- [7] R. Rosenblatt and A. F. Heckler, "Systematic Study of Student Understanding of The Relationships Between The Directions of Force, Velocity, and Acceleration in One Dimension," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 7, pp. 1–20, 2011.
- [8] M. R. A. Taqwa and R. Faizah, "Perlunya Program Resitasi dalam Meningkatkan Penguasaan Konsep Dinamika Partikel Mahasiswa," in *Seminar Nasional Pembelajaran IPA ke-1*, 2016, pp. 482–487.
- [9] S. Furwati, Sutopo, and S. Zubaidah, "Conceptual Understanding and Representation Quality on Newton's Laws through Multi-Representation Learning," *J. Pendidik. Sains*, vol. 5, no. 3, pp. 80–88, 2017.
- [10] M. Erfan and T. Ratu, "Analysis of Student Difficulties in Understanding the Concept of Newton's Law of Motion," *J. Ilmu Pendidik. Fisika*, vol. 3, no. 1, pp. 1–4, 2018.
- [11] M. Baser, "Effect of Conceptual Change Oriented Instruction on Students' Understanding of Heat and Temperature Concepts," *J. Maltese Educ. Res.*, vol. 4, no. 1, pp. 64–79, 2006.
- [12] C. Von Aufschnaiter and C. Rogge, "Misconceptions or Missing Conceptions?," *Eurasia J. Mathematics, Sci. Technol. Educ.*, vol. 6, no. 1, pp. 3–18, 2010.
- [13] M. R. A. Taqwa, "Perlunya program Resitasi untuk Meningkatkan Kemampuan Mahasiswa dalam Memahami Konsep Gaya dan Gerak," in *Pros. Semnas Pend. IPA Pascasarjana UM*, 2016, pp. 365–372.
- [14] Ayesh, N. Qamhie, N. Tit, and F. Abdelfattah, "The Effect of Student Use of The Free-Body Diagram Representation on Their Performance," *Educ. Res.*, vol. 1, no. 10, pp. 505–511, 2010.
- [15] B. E. Hinrichs, "Using the System Schema Representational Tool to Promote Student Understanding of Newton's Third Law," in *AIP Conference Proceedings*, vol. 790, no. 1, pp. 117–120. American Institute of Physics, 2005.
- [16] A. Savinainen, A. Makynen, P. Nieminen, and J. Viiri, "Does Using A Visual-Representation Tool Foster Students' Ability to Identify Forces and Construct Free-Body Diagrams?," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 9, no. 1, 2013.
- [17] D. Hammer, "Student Resources for Learning Introductory Physics," *Am. J. Phys.*, vol. 68, no. 7, pp. 52–59, 2000.
- [18] J. W. Creswell and V. L. P. Clark, *Designing and Conducting Mix Method Research*, 3rd Ed. Sage Publications, Inc, 2018.
- [19] D. Hestenes, M. Wells, and G. Swackhamer, "Force Concept Inventory," *Phys. Teach.*, vol. 30, pp. 141–158, 1992.
- [20] R. K. Thornton and D. R. Sokoloff, "Assessing Student Learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and The Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula," *Am. J. Phys.*, vol. 66, no. 4, pp. 338–352, 1998.
- [21] G. A. Morgan, N. L. Leech, G. W. Gloecner, and K. C. Barrett, *SPSS for Introductory Statistics: Use and Interpretation*, 2nd Ed. Mahwah, New Jersey, London: Lawrence Erlbaum Associates, 2004.
- [22] F. K. Sekarpratiwi, N. M. D. Putra, and A. Yulianto, "Analisis Kemampuan Representasi Diagram Benda bebas pada Materi Hukum Newton," *Unnes Phys. Educ. J.*, vol. 7, no. 2, pp. 85–93, 2018.
- [23] S.D. Mayora, A. Putra, and Hidayati, "Pengaruh Diagram Benda bebas dalam Strategi Penyelesaian Soal secara Sistematis (PS3) untuk Materi Dinamika Partikel terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas X SMAN 1 Batusangkar," *Pillar Phys. Educ.*, vol. 11, no. 1, pp. 73–80, 2018.

- [24] Nurhayani, J. Mansyur, and Darsikin, "Kualitas Diagram benda Bebas Buatan Siswa dalam Physics Problem Solving," *J. Sains dan Teknol. Tadulako*, vol. 4, no. 3, pp. 28–35, 2015.
- [25] D. Januarifin, Parno, and A. Hidayat, "Kesalahan Siswa SMA dalam Memecahkan Masalah Pada Materi Hukum Newton," *Momentum Phys. Educ. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 47–55, 2018.
- [26] D. Rosengrant, A. Van Heuvelen, and E. Etkina, "Do Students Use and Understand Free-Body Diagrams?," *Phys. Rev. Spec. Top. - Phys. Educ. Res.*, vol. 5, no. 1, 2009.