

IDENTIFIKASI TINGKAT KEMAMPUAN SISWA DALAM REPRESENTASI FREE BODY DIAGRAMS UNTUK MENYELESAIKAN SOAL FISIKA PADA MATERI HUKUM NEWTON

Identification of Students' Ability Levels in Representing Free Body Diagrams in Solving Physics Problems on Newton's Law

Fariska Anindrasari Suratno, Amiruddin Hatibe

Department of Physics Education, Faculty of Teacher Training and Education
Univeritas Tadulako, Palu, Indonesia

Kata Kunci

Representasi
Free Body Diagrams
Hukum Newton

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mengidentifikasi tingkat kemampuan siswa dalam representasi *Free Body Diagrams* (FBD) untuk menyelesaikan soal fisika pada materi hukum Newton. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif. Penelitian ini dilaksanakan di Man Insan Cendekia Kota Palu pada tahun ajaran 2019/2020. Subjek dalam penelitian ini adalah siswa kelas X IPA Asy-Syams Man Insan Cendekia Kota Palu yang berjumlah 16 orang. Responden penelitian ini berjumlah 6 orang berdasarkan kategori tinggi, sedang, dan rendah. Instrumen penelitian ini terdiri dari tes tertulis dan tes wawancara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kemampuan menggambar *Free Body Diagrams* siswa kelas X IPA Asy-Syams Man Insan Cendekia Kota Palu pada umumnya masuk pada tingkat *needs improvement* untuk soal nomor 1,2, dan 3 dengan rata-rata presentase secara berturut-turut sebesar 83,33%, 66,67%, dan 66,67%. Adapun pada soal nomor 4 diperoleh presentase sebesar 50% siswa masuk pada tingkat *inadequate* dalam menggambar FBD pada materi hukum Newton.

Keywords

Representation
Free Body Diagrams
Newton law

Abstract

This study aimed to determine and identify the level of students' ability in the representation of *Free Body Diagrams* (FBD) to solve physics problems on Newton's law material. This research was a qualitative descriptive study. This research was conducted at Man Insan Cendekia Palu City in the 2019/2020 academic year. The subjects in this study were students of class X IPA Asy-Syams Man Insan Cendekia Palu City, totaling 16 people. The respondents of this study were 6 people based on high, medium, and low categories. The research instrument consisted of a written test and an interview test. The results showed that the level of ability to draw FBD students of class X IPA Asy-Syams Man Insan Cendekia Palu City generally entered the level of *needs improvement* for questions number 1, 2, and 3 with an average percentage of 83.33% respectively. , 66.67%, and 66.67%. As for the question number 4 obtained a percentage of 50% of students entered at an inadequate level in drawing FBD on Newton's law material.

©2021 The Author
p-ISSN 2338-3240
e-ISSN 2580-5924

Received 08 December 2020; Accepted 26 June 2021; Available Online 30 August 2021

*Corresponding Author: Fariskakacu@gmail.com

PENDAHULUAN

Pembelajaran Fisika merupakan ilmu yang mempelajari tentang gejala-gejala alam yang dapat dibuktikan secara eksperimental dan secara matematis melalui berbagai simbol-simbol. Kemampuan konseptual dan analisis untuk menemukan sebuah konsep baru sangat ditekankan. Akan tetapi, penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemahaman konsep pada mata pelajaran Fisika masih rendah [1]-[3]. Rendahnya kemampuan siswa dalam memahami suatu konsep yang diajarkan menyebabkan siswa belum bisa mengubah makna konsep tersebut ke dalam bentuk

representasi yang lain. Ketidakmampuan siswa dalam menggunakan berbagai representasi dalam memahami konsep Fisika menjadi salah satu alasan siswa beranggapan bahwa pelajaran fisika merupakan pelajaran yang sulit [4].

Konsep-konsep dalam pembelajaran Fisika tidak bisa dipisahkan dengan multirepresentasi, yaitu yang memadukan antara konsep verbal, konsep gambar, konsep grafik dan konsep matematik [5]. Oleh karena itu, kemampuan multirepresentasi fisika berperan penting dalam hal pemahaman konsep Fisika. Hal ini karena siswa yang memiliki keterampilan dalam menggunakan berbagai representasi, tidak

hanya diuntungkan dalam memahami konsep Fisika, tetapi juga dalam penyelesaian masalah Fisika karena pemecahan masalah melibatkan pencarian cara yang layak untuk mencapai tujuan [6]-[7]. Memahami konsep yang baik berarti siswa mampu menginterpretasi masalah Fisika yang diberikan dengan Bahasa sendiri dengan menggunakan berbagai representasi [8]-[10].

Salah satu konsep Fisika yang membutuhkan kemampuan multirepresentasi adalah Hukum Newton. Dalam pokok bahasan Hukum Newton, siswa dituntut memiliki kemampuan representasi dalam bentuk diagram. Gaya yang bekerja pada benda digambarkan pada diagram yaitu Free Body Diagrams (FBD) sehingga siswa dapat lebih memahaminya. FBD adalah salah satu bentuk representasi dalam bentuk diagram gaya yang menggambarkan gaya-gaya yang bekerja pada suatu objek.

Menurut Rosengrant et al. [11], ketika memecahkan masalah beberapa siswa menggunakan FBD tidak hanya untuk mengidentifikasi masalah tetapi juga untuk membantu mengkonstruksi persamaan matematis. Membuat FBD merupakan tahap awal dalam proses memecahkan masalah. Tahap tersebut selanjutnya akan mempengaruhi proses yang selanjutnya dikerjakan. Dengan kata lain, jika siswa dapat membuat FBD dengan benar maka kesempatan siswa tersebut dapat menyelesaikan masalah lebih besar.

Kemampuan siswa dalam menggambarkan, menganalisis, dan menguraikan gaya-gaya yang bekerja memerlukan strategi yang tepat. Cara tepat dalam menyampaikan materi pelajaran, dapat membuat siswa belajar lebih efektif sehingga mengakibatkan hasil belajar yang optimal. Cara penyajian yang dapat digunakan adalah representasi FBD. Kemampuan siswa menggambar FBD dapat dilatih dengan memberikan pembelajaran mengenai langkah-langkah menggambar FBD secara terperinci [12]. Melalui representasi FBD, siswa dituntut untuk menggambar, menguraikan dan menganalisis gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda terlebih dahulu sehingga siswa dapat menyusun persamaan matematis yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang diberikan.

Kemampuan representasi FBD yang dimiliki siswa sangat berperan penting dalam membantu penyelesaian masalah. Untuk menyelesaikan sebagian persoalan pada materi Hukum Newton dibutuhkan representasi FBD terlebih dahulu sehingga siswa lebih memahami persoalan yang diberikan. Oleh

karena itu, peneliti tertarik untuk mengidentifikasi kemampuan siswa SMA menggambar FBD khususnya siswa MAN Insan Cendekia Kota Palu.

Berdasarkan hasil observasi, penelitian tentang tingkat kemampuan representasi FBD di MAN Insan Cendekia Kota Palu belum pernah dilakukan. Sebagian besar siswa lebih cenderung menyelesaikan persoalan fisika menggunakan representasi matematik dan tidak begitu fokus menggunakan representasi dalam bentuk diagram. Manfaat dari penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu manfaat teoritis dan manfaat praktis. Manfaat teoritis untuk menambah informasi bagi perkembangan ilmu fisika tentang pentingnya siswa memiliki kemampuan representasi FBD untuk menyelesaikan soal fisika pada materi hukum Newton. Adapun manfaat praktis untuk mengembangkan strategi pembelajaran dan jenis evaluasi yang akan digunakan dalam pembelajaran di kelas yang mana dapat meningkatkan kemampuan representasi FBD untuk menyelesaikan soal fisika pada materi hukum Newton.

METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kualitatif dengan pendekatan deskriptif kualitatif. Penelitian ini dilakukan di MAN Insan Cendekia Kota Palu. Subjek penelitian ini adalah kelas X IPA Asy-Syams yang berjumlah 16 orang siswa. Sedangkan responden dalam penelitian ini berjumlah 6 orang yang terpilih dalam Tes Seleksi Responden (TSR). Dari hasil tes tersebut kemudian dilakukan pengkategorian dengan menggunakan teknik purposive sampling yang merupakan teknik pengambilan responden berdasarkan acuan tertentu. Acuan dalam penelitian ini yaitu berdasarkan kategori tinggi, sedang, dan rendah dengan menggunakan hasil perhitungan nilai rata-rata dan standar deviasi. Dari acuan tersebut kemudian diambil masing-masing 2 orang responden dari tiap kategori. Setelah pengkategorian tersebut, 6 responden yang terpilih melanjutkan penelitian ke tahap berikutnya dan diberikan tes kemampuan FBD dalam bentuk soal essay berjumlah 4 nomor soal dan mengerjakannya dengan menggunakan teknik Thinking Aloud. Responden tersebut selanjutnya diwawancarai dengan menggunakan pedoman wawancara yang telah disiapkan oleh peneliti. Jawaban dan hasil wawancara responden selanjutnya dianalisis untuk dapat mengidentifikasi tingkat kemampuan siswa dalam representasi FBD

untuk menyelesaikan soal fisika pada materi hukum Newton.

Tabel 1. Rubrik klasifikasi tingkat kemampuan representasi FBD

No Evidence Of (Sangat Kurang Memadai)	Inadequate (Kurang Memadai)	Needs Improvement (Butuh Peningkatan)	Adequate (Sudah Memadai)
0	1	2	3
Siswa tidak menggambarkan diagram benda bebas.	Siswa menggambarkan benda bebas tetapi belum bisa menentukan gaya-gaya yang bekerja pada benda.	Siswa sudah mampu menggambarkan benda bebas dan menentukan gaya-gaya yang bekerja tetapi belum mampu menentukan panjang vektor gaya dan penamaan gaya yang bekerja pada setiap benda.	Siswa mampu menggambarkan benda bebas dengan benar yang meliputi banyaknya gaya, arah gaya, dan panjang vektor gaya yang bekerja pada benda. Selain itu penamaan gaya sudah benar.

Jenis data dalam penelitian ini adalah data kualitatif yang terdiri dari data hasil TSR yang digunakan dalam penelitian ini. Selain itu dalam penelitian ini juga diberikan tes kemampuan representasi FBD dengan menggunakan teknik Thinking Aloud (TA) kepada responden yang terpilih serta melakukan wawancara kepada responden tersebut.

Analisis data yang digunakan dari penelitian ini menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif dengan persentase [13]. Hasil jawaban siswa yang berupa gambar FBD diklasifikasikan berdasarkan rubrik klasifikasi yang disajikan pada Tabel 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Tingkat kemampuan responden dalam menggambarkan fbd

Adapun data hasil perhitungan tingkat kemampuan siswa dalam representasi disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 dengan merujuk pada kriteria pengambilan keputusan diperoleh bahwa tingkat kemampuan siswa dalam representasi FBD untuk menyelesaikan soal pada materi hukum Newton pada umumnya berada pada tingkat needs improvement.

Tabel 2. Tingkat kemampuan siswa dalam representasi fbd

Tingkat FBD	% Soal 1	% Soal 2	% Soal 3	% Soal 4
No Evidence Of (Sangat Kurang Memadai)	0	0	33,33	0
Inadequate (Kurang Memadai)	0	33,33	0	50
Needs Improvement (Butuh Peningkatan)	83,33	66,67	66,67	33,33
Adequate (Sudah Memadai)	16,67	0	0	16,67
Total	100	100	100	100

Hasil dari thinking aloud dan analisis jawaban siswa

Berdasarkan hasil klasifikasi tingkat kemampuan representasi FBD yang dilakukan untuk menyelesaikan soal fisika pada materi hukum Newton dapat diketahui bahwa pada umumnya siswa masuk pada tingkat needs improvement untuk soal nomor 1, 2, dan 3. Adapun untuk soal nomor 4 didominasi pada tingkat inadequate.

Hasil jawaban responden kategori tinggi pertama (RKT-1), diketahui bahwa FBD yang dibuat masuk dalam tingkat inadequate. Siswa sudah bisa menggambarkan FBD tetapi belum mampu menentukan gaya-gaya yang bekerja pada benda secara lengkap, dan tidak menuliskan penamaan gaya kontak yang bekerja pada kedua benda. Selain itu siswa belum mampu menyusun persamaan matematis dengan benar. Langkah yang diambil RKT-1 untuk menyelesaikan soal yaitu dengan mencari percepatan benda pertama, kemudian gaya kontak benda kedua yang selanjutnya mencari percepatan benda kedua. Hal ini seperti yang terlihat dalam lembar jawaban dan penjelasan pada TA berikut ini.

"...Jadi yang pertama yang saya cari itu yaitu percepatan benda 1, selanjutnya saya mencari gaya kontaknya menggunakan hukum kedua Newton. Kemudian mencari percepatan benda kedua juga menggunakan hukum kedua Newton...." (TA 01).

Berdasarkan kutipan RKT-1 pada TA menunjukkan bahwa siswa memahami gaya kontak antar kedua benda yang dihasilkan melalui aksi yang diberikan benda pertama sehingga benda kedua memberikan reaksi terhadap benda pertama. Namun pada lembar jawaban RKT-1 belum mampu menggambarkan tanda gaya apa saja yang bekerja pada kedua benda dan penamaan gaya yang bekerja pada benda belum benar. Hal ini yang memungkinkan RKT-1 tidak dapat menyelesaikan persamaan matematis dengan tepat.

Hasil jawaban responden kategori sedang kedua (RKS-2) dalam membuat representasi FBD termasuk pada tingkat *needs improvement*, yang mana RKS-2 mampu menggambar FBD dengan penentuan gaya-gaya yang bekerja pada benda sudah benar, tetapi dalam menentukan titik pangkal gaya normal tidak tepat. Dalam lembar jawaban RKS-2 menggambar titik pangkal gaya normal berada pada pusat benda yang sebenarnya mengarah ke atas tegak lurus dengan bidang sentuh.

Berdasarkan kutipan pada TA, RKS-2 menggambar FBD terlebih dahulu, kemudian meninjau masing-masing balok sehingga memperoleh penyelesaian sesuai perintah soal. Hal serupa juga diperkuat secara konsisten pada data dari tes wawancara sebagai berikut.

Peneliti: "Bagaimana anda mengolah informasi untuk menyelesaikan soal nomor 2?"

RKS-2: "Untuk soal nomor 2 saya menggambar kembali dua balok seperti dalam soal, kemudian saya cari gaya apa saja yang bekerja pada kedua balok, terus saya tinjau masing-masing balok, sehingga didapat persamaan untuk mencari percepatan kedua balok. Kemudian untuk mencari gaya kontak saya pakai salah satu persamaan gaya yang didapat antara balok 1 dan balok 2."

RKS-2 sudah mampu menentukan gaya-gaya yang bekerja pada balok dengan penamaan dan arah gaya yang sudah benar meskipun dalam penentuan titik pangkal gaya normal masih belum tepat. Hasil perhitungan RKS-2 pada lembar jawaban sudah benar. RKS-2 mampu menyusun persamaan matematis berdasarkan diagram benda bebas sehingga dapat menyelesaikan soal perhitungan dengan benar.

Hasil jawaban responden kategori Rendah pertama (RKR-1) dalam membuat representasi FBD termasuk pada tingkat *needs improvement* RKR-1 sudah mampu menggambar FBD dan menentukan gaya yang bekerja pada benda. Tetapi gaya yang ditunjukkan RKR-1 belum lengkap, titik pangkal gaya normal tidak tegak lurus di atas permukaan bidang sentuh dan tidak menggambarkan tanda gaya kontak antar kedua balok. Diketahui bahwa persamaan matematis yang disusun oleh RKR-1 belum tepat. Dapat dikatakan bahwa RKR-1 belum memahami perihal tentang gaya kontak pada dua benda yang saling bersentuhan. Sehingga langkah-langkah yang digunakan untuk menyelesaikan soal tidak tepat. Hal ini juga terlihat pada tes wawancara berikut ini.

Peneliti: "Bagaimana anda mengolah informasi untuk menyelesaikan soal nomor 2?"

RKR-1: "Untuk soal nomor 2, yang pertama, saya menggambarkan ulang apa yang dimaksud pada soal itu, kemudian saya menggunakan rumus gaya berat yaitu w sama dengan m dikali a setelah itu lanjut ke penyelesaian berikutnya sampai dapat hasilnya."

Pada sesi wawancara yang dilakukan, RKR-1 memberi pernyataan bahwa ia tidak menemukan kesulitan dalam menggambar diagram benda bebas. Namun hal ini tidak mendukung jawaban yang telah dikerjakan oleh RKR-1. Dimana RKR-1 belum mampu menentukan tanda gaya kontak antar kedua balok, begitupun dengan titik pangkal gaya normal yang belum tepat. Sehingga siswa belum mampu menentukan persamaan matematis yang benar untuk menyelesaikan soal tersebut.

Pembahasan

Berdasarkan hasil klasifikasi yang dilakukan peneliti dalam mengidentifikasi tingkat kemampuan siswa dalam representasi FBD untuk menyelesaikan soal fisika tentang materi hukum Newton. Pada soal nomor 1 rata-rata siswa berada pada tingkat *needs improvement* yaitu sebesar 83,33%. Dalam menyelesaikan soal nomor 1 siswa sudah dapat menggambar FBD dengan menentukan gaya yang bekerja pada benda dengan arah dan penamaan gaya yang benar, sehingga siswa dapat menyusun persamaan matematis dengan benar. Pada soal nomor 2 rata-rata siswa berada pada tingkat *needs improvement* yaitu sebesar 66,67%. Dalam menyelesaikan soal nomor 2 siswa sudah bisa menggambar FBD. Namun, dalam penggambarannya masih terdapat kesalahan dalam penentuan gaya-gaya yang bekerja pada benda dan siswa belum mampu menyelesaikan persamaan matematis dengan benar. Pada soal nomor 3 rata-rata siswa berada pada tingkat *needs improvement* yaitu sebesar 66,67%. Dalam menyelesaikan soal nomor 3 siswa sudah bisa menggambar FBD, tetapi masih terdapat kesalahan dalam menganalisis gaya apa saja yang bekerja pada benda, dan juga proyeksi arah dan panjang vektor gaya berat belum tepat pada balok yang berada pada bidang miring, serta siswa belum mampu menyusun persamaan matematis dengan benar. Pada soal nomor 4 rata-rata siswa berada pada tingkat *inadequate* yaitu sebesar 50%. Dalam menyelesaikan soal nomor 4 siswa sudah bisa menggambar FBD, tetapi belum mampu menentukan gaya-gaya yang bekerja pada benda dengan penentuan tanda gaya, penamaan gaya, dan arah gaya yang benar sehingga persamaan matematis yang

disusun oleh siswa belum tepat. Hal ini karena metode pembelajaran, minat, media pembelajaran dan situasi serta kondisi dapat menjadi salah satu penyebab siswa dapat mengalami kesulitan dan dapat menyebabkan siswa melakukan kesalahan dalam menyelesaikan soal dan tidak bisa menentukan gaya yang bekerja pada benda.

Peneliti juga melakukan pembicaraan dengan salah satu guru fisika di sekolah tersebut. Guru tidak menjelaskan cara penggambaran FBD secara detail seperti panjang vektor dan titik pangkal vektor gaya tidak diajarkan sesuai dengan aturannya. Pada akhirnya, siswa tidak memahami dengan betul bagaimana membuat free body diagrams.

Pada tingkat kemampuan siswa dalam menggambar FBD tiap soal dapat diketahui bahwa responden kategori sedang lebih dominan masuk pada tingkat needs improvement dan dapat menyusun persamaan matematis dengan benar dari pada responden kategori tinggi. Hal ini mendukung penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa keterampilan siswa dalam representasi FBD masih rendah [14]. Hal ini membuktikan bahwa kemampuan representasi FBD yang dimiliki siswa sangat berperan penting dalam membantu penyelesaian masalah. Hal ini juga diperkuat oleh penelitian Savinainen et al. [15], yang menyatakan bahwa siswa yang membuat diagram benda bebas secara signifikan lebih berhasil dalam pemecahan masalah kuantitatif karena untuk menyelesaikan sebagian besar persoalan pada materi hukum Newton dibutuhkan representasi diagram benda bebas terlebih dahulu sehingga siswa lebih memahami persoalan yang diberikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pemaparan di atas dapat diketahui bahwa tingkat kemampuan representasi FBD siswa kelas X IPA Asy-Syams MAN Insan Cendekia Kota Palu pada materi hukum Newton pada umumnya termasuk dalam tingkat *needs improvement* untuk soal nomor 1,2, dan 3 dengan rata-rata presentase secara berturut-turut sebesar 83,33%, 66,67%, dan 66,67%. Adapun pada soal nomor 4 diperoleh presentase sebesar 50% siswa masuk pada tingkat inadequate dalam menggambar FBD pada materi hukum Newton.

Berdasarkan penelitian ini, peneliti memberi beberapa saran, yaitu dalam mempelajari konsep yang berhubungan dengan FBD, pembelajaran harus dapat diarahkan pada peningkatan pengetahuan, pemahaman, sehingga siswa memiliki kemampuan

merepresentasikan konsep dalam bentuk diagram benda bebas sebagai syarat pengetahuan dalam konsep fisika sehingga pelajar dapat menyelesaikan masalah fisika dengan tepat. Untuk membuat FBD dengan benar, siswa diantaranya harus mengetahui konsep tentang vektor terlebih dahulu, dalam penelitian ini peneliti mengalami kesulitan karena beberapa siswa masih mengalami kesulitan dalam konsep vektor sehingga belum maksimal menerima konsep tentang FBD, maka bagi peneliti selanjutnya dianjurkan untuk mengulas konsep tentang vektor terlebih dahulu. Selain itu, hendaknya guru dalam proses pembelajaran mampu menggunakan berbagai jenis format representasi agar setiap jenis kemampuan yang dimiliki siswa berbeda-beda dapat tergal dengan optimal; guru perlu memberikan bantuan untuk siswa dalam menganalisis sesuatu menggunakan representasi visual agar siswa tidak mengalami kesulitan dalam memahami suatu konsep dalam menyelesaikan masalah secara kuantitatif; guru harus memberikan kesempatan bagi siswa untuk mencoba berbagai konsep melalui berbagai media representasi agar konsep yang dipahami dapat bertahan lama.

Secara spesifik, dalam menggambarkan garis gaya seringkali siswa tidak konsisten pada titik tangkap gaya. Semestinya titik tangkap pada gaya-gaya yang bekerja pada benda tersebut digambarkan pada satu titik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] U. Turgut, and F.Gurbuz, "An Investigation 10th Grade Students Misconceptions About Electric Current", *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Vol. 5, pp. 1965-1971, 2011.
- [2] A. K. Wardani, I. Sucahyo, T. Prastowo, M. Anggaryani, "Tinjauan Ulang Materi Gerak Lurus Melalui Percobaan Gravity Current dalam Skala Laboratorium", *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, vol. 9, pp. 113-122, 2013.
- [3] I.G.P.E. Saputra, "Penguasaan Konsep Fisika Siswa Menggunakan Pendekatan Konflik Kognitif pada Materi Gerak Lurus di SMK Negeri 2 Watubangga", *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*, vol. 8, no. 2, pp. 90-95, 2020.
- [4] S. Monika, Abdurrahman, and W. Suana, "Pengaruh Kemampuan Membangun Mode Representasi terhadap Pemecahan Masalah Fisika dengan Menerapkan Inkuiri Terbimbing", *Jurnal Pembelajaran Fisika*, vol. 2, no.4, pp. 131-143, 2014.
- [5] I.K. Mahardika, A. Setiawan, D. Rusdiana, A. Rusli, "Characteristic of Mechanics Teaching Materials for Increasing Students of Physics Teacher Candidates Representation Ability on Verbal, Mathematical, Picture, and Graphic", *Proceeding Curriculum Development of Science Education in 21st Century*. ISBN:978- 979-99232-3-3. October 2010.
- [6] M. D. Cock, "Representation Use And Strategi Choice In Physics Problem Solving," *Physical Review Special*

- Topics - Physics Education Research*, vol. 8, no.2, pp.1-15, 2012.
- [7] J.W. Santrock, *Educational Psychology*, New York: McGraw-Hill, 2011.
- [8] L. Ulfarina, "Penggunaan Multi Representasi pada Pembelajaran Konsep Gerak untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Memperkecil Kuantitas Miskonsepsi Siswa SMP", *Pascasarjana UPI Bandung*, 2011.
- [9] P.N. Malasari, H. Nindiasari, and Jaenudin, "A Development of Mathematical Connecting Ability of Students in Junior High School Through A Problem-Based Learning with Course Review Horay Method", *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf*, vol. 812, 2017.
- [10] I.K. Mahardika, "Penerapan Model Pembelajaran Interaktif Berbasis Konsep untuk Meningkatkan Kemampuan Representasi Verbal, Matematik, dan Gambar Fisika Siswa Kelas VIII-A MTs N 1 Jember Tahun Pelajaran 2012/2013", *Jurnal Pendidikan Fisika*, vol. 2, no. 3, pp. 272-277, 2013.
- [11] D. Rosengrant, E. Etkina, and A.V. Heuvelen, "Do Students Use And Understand Free-Body Diagrams", *Journal Physics Education Research*, vol.1, no.01, pp.1-13, 2009.
- [12] Rahmaniar, "Identifikasi Tingkat Kemampuan Siswa SMA Dalam Menggambar Free Body Diagrams untuk Menyelesaikan Tes Uraian Terbatas Dan Tersrtuktur pada Materi Gaya", *Universitas Pendidikan Indonesia Bandung*, 2016.
- [13] S. Arikunto, *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*, Jakarta, Indonesia: Rineka Cipta, 2012
- [14] F. Novianti, M. Irianti, and Azhar, "Analisis Kemampuan Representasi Free Body Diagrams dalam Menyelesaikan Soal Soal Aplikasi Hukum Newton Pada Siswa MA Darel Hikmah Pekanbaru", *Jurnal Online Mahasiswa*, vol.4, no. 2, pp. 1-9, 2017.
- [15] A. Savinainen, M. Asko, N. Pasi, and V. Jouni, "Does Using a Visual-Representation Tool Foster Students' Ability to Identify Forces and Construct Free-Body Diagrams", *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, vol.9, 2013.