

PENINGKATAN PEMAHAMAN KONSEP HUKUM NEWTON PADA SISWA SMP MELALUI PEMBELAJARAN MULTI REPRESENTASI

Suci Furwati¹⁾, Sutopo²⁾, Siti Zubaidah³⁾

¹⁾SMPN 5 Satap Sungai Kunyit, Mempawah-Pontianak-KalBar

²⁾Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang

³⁾Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Negeri Malang

Email: furwatisuci@gmail.com

ABSTRAK

Konsep IPA sering disajikan dalam bentuk simbol yang abstrak. Literatur pendidikan sains terutama fisika merekomendasikan penggunaan beberapa representasi untuk membantu siswa memahami konsep-konsep dan memecahkan masalah. Pendekatan multi representasi dalam pembelajaran IPA menjadi sesuatu yang sangat berpotensi menghasilkan proses pembelajaran yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) peningkatan pemahaman konsep siswa tentang Hukum Newton melalui pembelajaran multi representasi pada materi Hukum Newton dan (2) perubahan pemikiran siswa tentang Hukum Newton melalui pembelajaran multi representasi. Instrumen penelitian berupa tes pemahaman konsep materi Hukum Newton. Soal berupa pilihan ganda disertai alasan. Penelitian ini menggunakan pendekatan mixed methods dengan desain embedded experimental model. Hasil penelitian diperoleh bahwa skor penguasaan konsep siswa meningkat dari rata-rata 5,16 menjadi 11,16 (rentang 0-14) $p < 0,01$ dengan effect size sebesar 2,66 (kategori kuat) dan N-gain sebesar 0,68 (kategori sedang). Meskipun pembelajaran multi representasi telah berhasil mengantarkan siswa memahami konsep-konsep Hukum Newton, namun masih ada siswa yang memiliki pemikiran yang keliru dan sulit untuk diubah tentang Hukum I, II dan III Newton.

Kata kunci: pemahaman konsep, Hukum Newton, pembelajaran multi representasi

LATAR BELAKANG

Konsep pengetahuan dalam IPA sering disajikan dalam bentuk simbol yang abstrak. Hal ini menyebabkan siswa kesulitan untuk memahaminya. Selain itu, pembelajaran IPA khususnya fisika lebih banyak menggunakan pendekatan matematik (Yusuf & Setiawan, 2009). Pendekatan matematik yang dilakukan berupa pemberian contoh dan latihan soal.

Literatur pendidikan sains terutama fisika merekomendasikan penggunaan beberapa representasi untuk membantu siswa memahami konsep-konsep dan memecahkan masalah (Rosengrant dkk, 2009). Hal ini dikarenakan konsep IPA dapat direpresentasikan ke dalam berbagai bentuk, yaitu verbal, fisis, gambar dan persamaan matematika. Berinteraksi dengan berbagai bentuk representasi seperti diagram, grafik dan persamaan matematis dapat membawa manfaat ketika mempelajari konsep ilmiah yang rumit (Ainsworth, 2009). Hal ini sejalan dengan pikiran manusia yang berkaitan dengan representasi seperti gambar untuk lebih memahami bentuk kualitatif utama masalah IPA (Kohl dkk, 2007; Rosengrant dkk,

2009). Penggunaan rumus matematis dan representasi gambar sebagai metode dalam pembelajaran IPA dapat meningkatkan keterampilan belajar dan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah fisika (Heuvelen 1991; Heuvelen & Xueli, 2001). Dengan demikian, untuk memudahkan siswa memahami konsep IPA dengan benar dan memecahkan suatu masalah, maka perlu disajikan konsep melalui berbagai bentuk representasi, baik dalam bentuk verbal, gambar, diagram gaya, maupun rumus matematis.

Representasi adalah sesuatu yang dapat disimbolkan atau simbol pada suatu obyek ataupun proses (Rosengrant dkk, 2007). Representasi dalam fisika bisa berupa kata, gambar, diagram, grafik, simulasi komputer, persamaan matematika dan sebagainya. Representasi verbal mewakili suatu konsep atau proses IPA ke dalam bentuk kata-kata atau susunan kalimat untuk memberikan pengertian ataupun definisi pada suatu konsep fisika. Representasi gambar adalah representasi yang menyajikan suatu konsep atau proses fisika ke dalam bentuk gambar sesungguhnya yang mirip dengan aslinya untuk memvisualisasikan konsep yang masih abstrak menjadi mudah dipahami untuk menuju proses selanjutnya. Representasi fisis adalah penyajian suatu konsep atau proses fisika melalui bentuk fisis seperti diagram benda bebas dan diagram gerak benda (secara kinematis). Representasi matematis mewakili suatu konsep atau proses fisika disajikan ke dalam persamaan matematis, biasanya diletakkan di akhir karena fungsinya dapat menentukan hasil akhir suatu proses fisika.

Multi representasi adalah model yang merepresentasikan ulang konsep yang sama dalam beberapa format yang berbeda-beda (Angell dkk., 2007). Multi representasi melibatkan penerjemahan secara berurutan dari fenomena atau masalah IPA yang diberikan dari satu simbol bahasa ke lainnya, dimulai dengan menulis deskripsi fenomena atau masalah secara verbal, kemudian dipindahkan ke bentuk gambar yang disesuaikan dan representasi diagram, dan diakhiri (biasanya) dengan rumus matematis yang dapat digunakan untuk menentukan jawaban menggunakan angka (Leigh, 2004).

Penggunaan multi representasi seperti gambar, kata-kata, diagram, dan grafik telah ditemukan oleh banyak peneliti di bidang pendidikan IPA dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam memahami konsep IPA. Salah satu metode dari beberapa representasi bergambar untuk penyelesaian masalah yang melibatkan gaya adalah diagram benda bebas. Ayesh dkk (2010) telah menemukan pengaruh penggunaan diagram benda bebas pada kinerja siswa di tingkat perguruan tinggi. Hasil temuannya adalah siswa yang secara konsisten ditekankan menggunakan diagram benda bebas saat di kelas, mayoritas dari mereka menggunakan diagram untuk membantu memecahkan masalah ujian walaupun mereka tidak menerima nilai untuk menggambar diagram. Ditemukan pula bahwa siswa yang menggambar diagram benda bebas dengan benar secara signifikan lebih sukses dalam memperoleh jawaban yang tepat untuk menyelesaikan soal-soal fisika. Penelitian lain juga menemukan bahwa siswa berprestasi menggunakan diagram benda bebas untuk membantu memecahkan masalah, membangun deskripsi matematis, dan mengevaluasi pekerjaan mereka, sementara siswa berprestasi rendah hanya menggunakan representasi sebagai alat bantu dalam proses pemecahan masalah (Rosengrant dkk, 2009).

Gaya merupakan salah satu topik yang paling penting dan kompleks dalam IPA. Hukum Newton adalah bagian dari konsep gaya dan gerak yang merupakan konsep mendasar berbagai macam fenomena dalam kehidupan sehari-hari. Materi Hukum Newton memerlukan kemampuan pemecahan masalah yang kompleks, artinya siswa tidak hanya menghafalkan rumus, namun siswa perlu mengembangkan kemampuan multi representasinya dalam bentuk gambar, diagram gaya dan matematis. Sehingga, dibutuhkan multi representasi untuk pemecahan masalah dalam Hukum Newton. Penggunaan multi representasi dapat membantu siswa memahami konsep-konsep ilmiah secara lengkap (Ainsworth, 2009).

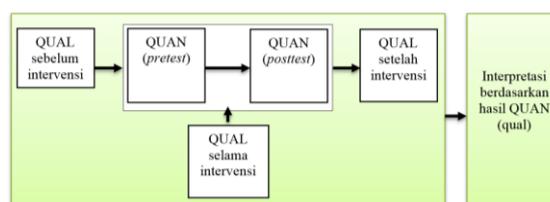
Berbagai studi mengenai multi representasi menunjukkan bahwa multi representasi sangat penting untuk diterapkan dalam pembelajaran (Irwandani, 2010). Melalui multi representasi siswa dapat membangun suatu konsep dan mengatasi permasalahan dalam mempelajari IPA. Bahkan, multi representasi diusulkan dalam kurikulum pembelajaran IPA khususnya Fisika. Oleh karena itu, penting menerapkan pembelajaran multi representasi sebagai salah satu pilihan strategi pembelajaran.

TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) peningkatan pemahaman konsep siswa tentang Hukum Newton melalui pembelajaran multi representasi dan (2) perubahan pemikiran siswa tentang Hukum Newton melalui pembelajaran multi representasi.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode penelitian campuran (*mixed-method*) yang diadaptasi dari Creswell & Clark (2007). Desain yang digunakan dalam penelitian ini adalah *mixed-method embedded experimental design* untuk menggali secara lengkap subjek penelitian. Rancangan penelitian ini menggunakan desain penelitian *quasi eksperimen*.



Gambar 1. Desain Eksperimental *Embedded* (Cresswell & Clark, 2007:68)

Tabel 1. *One Group Pretest-Posttest Design*

Subjek Penelitian	Pretest	Perlakuan	Posttest
Kelas VIII E	O ₁	X	O ₂

Subjek penelitian terdiri atas 25 siswa kelas VIII E SMP IT Asy-Syadzili Pakis Kabupaten Malang. Penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun pelajaran 2015/2016. Instrumen penelitian berupa tes pemahaman konsep materi Hukum Newton yang terdiri atas 14 soal pilihan ganda disertai alasan disajikan pada

Lampiran 1. Pretes dan postes menggunakan instrumen yang sama. Alasan yang dikemukakan siswa dapat dinyatakan dalam berbagai bentuk representasi, baik verbal (teks), diagram gaya, maupun rumus matematis. Kebenaran jawaban siswa diolah menjadi data kuantitatif, sedangkan alasan siswa dideskripsikan menjadi data kualitatif. Buku teks yang digunakan untuk pembelajaran, salah satunya Buku Guru IPA SMP/MTs Kelas VIII (Zubaidah dkk, 2014a) dan Buku Siswa IPA SMP/MTs Kelas VIII Semester 1 (Zubaidah dkk, 2014b).

Berikut dipaparkan langkah-langkah dalam penelitian ini. Langkah pertama, diberikan pretes sebelum pembelajaran untuk mengetahui pemahaman awal siswa dan representasi yang digunakan siswa dalam menyelesaikan soal. Langkah kedua, dilakukan penerapan pembelajaran multi representasi pada materi Hukum Newton. Selama pembelajaran berlangsung, dilakukan pengamatan terhadap konsepsi siswa. Langkah ketiga, dilakukan postes setelah kegiatan pembelajaran selesai.

Analisis data dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Analisis data kuantitatif didasarkan pada skor pretes dan postes, sedangkan analisis data kualitatif didasarkan pada alasan siswa dan langkah-langkah dalam menyelesaikan soal pretes dan postes untuk melihat perubahan pemikiran siswa dan pemikiran siswa yang masih belum benar hingga akhir pembelajaran.

Tahap-tahap pembelajaran multi representasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tahap-Tahap Pembelajaran Multi Representasi

Tahapan Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran
Fase 1 Orientasi siswa pada fenomena fisis	<ul style="list-style-type: none">Menyajikan peristiwa, fenomena fisis yang sering dilihat dan dialami siswa dalam keseharian
Fase 2 Penyajian model dari peristiwa dan fenomena fisis yang dialami siswa	<ul style="list-style-type: none">Menyajikan dan mendemonstrasikan model dari fenomena fisis yang ditinjau
Fase 3 Penanaman konsep melalui multi representasi	<ul style="list-style-type: none">Menyajikan berbagai representasi (verbal, diagram gaya, dan matematis)Menanamkan konsep melalui representasi verbal, diagram gaya, dan matematis)
Fase 4 Pemantapan dan pengayaan	<ul style="list-style-type: none">Menyajikan kuisMenyajikan ilustrasi aplikasi konsep pada fenomena-fenomena lain yang sejenisMenyajikan latihan dan pengayaan
Fase 5 Tindak lanjut belajar	<ul style="list-style-type: none">Memfasilitasi tindak lanjut belajar melalui pemberian tugas

(Suhandi & Wibowo, 2012)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Kuantitatif Pemahaman Konsep

Hasil deskripsi statistik pretes, postes dan *N-Gain* dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai *skewness* untuk data pretes maupun postes terletak pada interval $[-1, 1]$, dengan merujuk pendapat Morgan dkk (2004) uji beda dapat dilakukan menggunakan uji *paired sampel t-test*. Uji beda *paired samples t-test* dilakukan untuk melihat ada tidaknya perbedaan nilai rata-rata antara sebelum (pretes) dan sesudah (postes) pembelajaran multi representasi pada materi Hukum Newton terhadap kelompok sampel yang sama. Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan program statistik Microsoft Excel 2013, diperoleh nilai $t (df=24) = -10,3407$ dengan $p=0,000$ (dua sisi). Hasil analisis menunjukkan bahwa secara statistik terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai pretes dan postes. Oleh karena nilai rata-rata postes 11,16 lebih besar daripada nilai rata-rata pretes 5,16 maka dapat disimpulkan bahwa pembelajaran multi representasi yang diterapkan pada penelitian ini efektif meningkatkan pemahaman konsep siswa tentang Hukum Newton.

Tabel 3. Deskripsi Statistik Nilai Pretes, Postes dan *N-Gain*

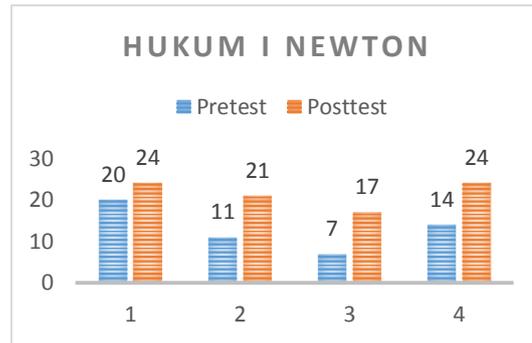
	Pre	Pos	<i>N-Gain</i>
Jumlah Data	25	25	25
Rata-rata	5,16	11,16	0,68
Standar Deviasi	1,748	2,672	0,316
<i>Skewness</i>	0,141	-0,513	-0,686
Skor Terendah	2	6	0
Skor Tertinggi	9	14	1

Catatan: Rentang 0-14

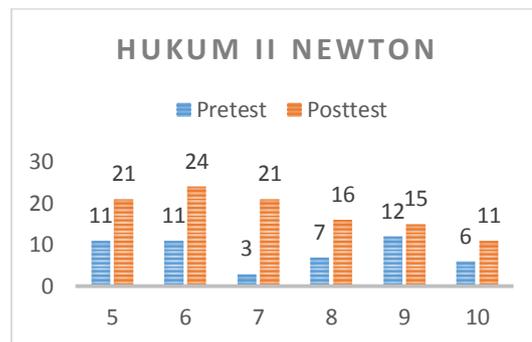
Peningkatan pemahaman konsep siswa juga dapat dilihat berdasarkan nilai rata-rata *N-gain* dan nilai *d-effect size*. Perhitungan nilai rata-rata *N-gain* tiap siswa diperoleh sebesar 0,68. Nilai ini berada di antara 0,3 sampai 0,7 maka termasuk dalam kategori sedang (Hake, 1998) atau menengah ke atas (Sutopo & Waldrip, 2014). Hasil perhitungan Cohen's *d-effect size* sebesar 2,66. Nilai ini termasuk pada kategori kuat atau sangat tinggi (Morgan dkk, 2004; Ellis, 2010). Jadi, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran multi representasi yang diterapkan dalam penelitian ini memberikan dampak positif yang kuat terhadap peningkatan pemahaman siswa.

2. Analisis Kualitatif Pemahaman Konsep

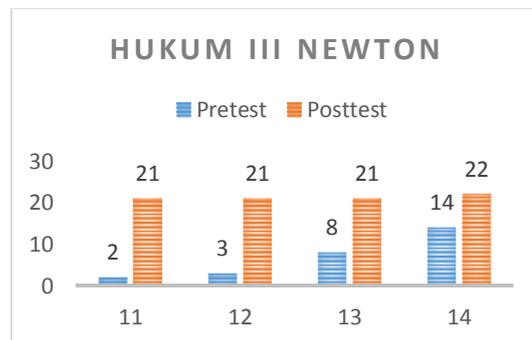
Terjadinya peningkatan pemahaman konsep dapat dipahami melalui respon siswa yang dipaparkan pada grafik pergeseran jumlah jawaban benar siswa dari pretes ke postes (Gambar 2).



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. Distribusi Jawaban Benar Pada Topik: (a) Hukum I Newton, (b) Hukum II Newton, (c) Hukum III Newton.

Berdasarkan Gambar 2 tampak bahwa peningkatan jumlah siswa yang menjawab dengan pilihan benar terjadi hampir pada semua soal. Namun ada beberapa soal yang mengalami peningkatan yang kecil.

Pada topik Hukum I Newton, pergeseran terkecil terjadi pada butir soal nomor 1 dengan persentase kenaikan hanya sebesar 12%. Butir soal nomor 3 mengalami pergeseran cukup tinggi, yaitu sebesar 40%. Namun, persentase siswa yang menjawab benar pada saat postes hanya mencapai 68% ($< 75\%$). Nilai *N-Gain* pada butir soal nomor 3 juga masuk dalam kategori sedang.

Pada topik Hukum II Newton pergeseran kecil terjadi pada butir soal nomor 8, 9 dan 10. Pergeseran terkecil terlihat pada butir soal nomor 9 dengan kenaikan sebesar 14%. Butir soal nomor 10 juga mengalami pergeseran yang kecil, yaitu sebesar 20%. Nilai *N-Gain* untuk butir soal nomor 9 dan 10 termasuk dalam

kategori rendah. Pergeseran kecil juga terjadi pada butir soal nomor 8, sebesar 36% dengan nilai *N-Gain* masuk dalam kategori sedang.

Pada topik Hukum III Newton, terjadi pergeseran yang kecil terutama pada butir soal nomor 14. Persentase kenaikan sebesar 32%.

Hasil perhitungan *d-effect size* diperoleh bahwa pemahaman konsep siswa meningkat dan masuk dalam kategori “kuat”. Namun, hasil ini sedikit berbeda dengan perolehan hasil perhitungan rata-rata *N-gain* yang masuk kategori “sedang”. Sehubungan dengan hal ini diperlukan pengkajian lebih dalam mengenai bagian mana kesulitan yang masih dialami oleh sebagian besar siswa hingga akhir pembelajaran dan belum berhasil pada postes.

Berikut disajikan beberapa pemikiran siswa yang belum benar dan sulit diubah terkait topik Hukum Newton dan masih dialami siswa hingga akhir pembelajaran. Beberapa pemikiran salah tersebut dipaparkan ke dalam tiga bagian, yaitu (1) pemikiran siswa terkait Hukum I Newton, (2) pemikiran siswa terkait Hukum II Newton, dan (3) pemikiran siswa terkait Hukum III Newton.

1. Perubahan pemikiran siswa terkait Hukum I Newton pada soal nomor 1

Distribusi jawaban siswa pada saat pretes dan postes untuk soal nomor 1 ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi jawaban siswa pada saat pretes dan postes soal nomor 1

Pilihan Jawaban	Pretes		Postes	
	Jumlah	Persen	Jumlah	Persen
A	0	0%	0	0%
B	4	20%	0	0%
C*	20	80%	24	96%
D	1	4%	1	4%

*Kunci Jawaban

Pada saat pretes, 20 siswa (80%) jawabannya benar dengan memilih jawaban C, 5 siswa (20%) memilih jawaban B, hanya 1 siswa (4%) yang memilih jawaban D dan tidak ada siswa yang memilih jawaban A (0%). Meskipun sebagian besar siswa memilih jawaban benar (C), namun alasan yang dikemukakan siswa masih mengandung penjelasan yang keliru sebagai berikut:

DPA : Karena tidak didorong ataupun ditarik maka suatu benda tersebut tidak akan bergerak sama sekali.

Siswa yang menjawab B memberikan alasan sebagai berikut:

AM : Jika tidak ada gaya luar yang diberikan pada benda, maka benda tidak akan bergerak (diam).

SW : Jika resultan gaya sama dengan nol berarti tidak ada gaya yang digunakan.

Berdasarkan alasan yang diberikan oleh siswa yang menjawab C dan B tampak bahwa siswa menganggap benda yang resultan gayanya sama dengan nol adalah benda diam (tidak bergerak), dimana tidak ada gaya yang diberikan pada

benda baik berupa tarikan maupun dorongan. Siswa tidak memahami bahwa benda yang bergerak dengan kecepatan konstan (tetap) juga memiliki resultan gaya sama dengan nol. Adapun siswa yang menjawab D memberikan alasan yang tidak jelas dan tidak bisa digunakan sebagai alasan untuk membuat klaim.

Pada saat postes terjadi pergeseran terhadap jawaban siswa. Jumlah siswa yang jawabannya benar dengan memilih jawaban C meningkat menjadi 24 siswa (96%) dan hanya 1 siswa (4%) yang masih tetap memilih jawaban D. Namun, dari 24 siswa yang memilih jawaban C (benar) masih ada 2 orang siswa yang memberikan penjelasan yang keliru sebagai berikut:

AM : Karena tidak mempunyai kecepatan.

HM : Karena benda tersebut tidak memperoleh massa.

Walaupun pilihan jawaban AM sudah bergeser dari B (salah) menjadi C (benar), namun alasan yang dikemukakan AM masih mengandung pemikiran yang salah. AM menganggap bahwa benda yang resultan gayanya sama dengan nol akan diam atau bergerak dengan kecepatan konstan karena tidak mempunyai kecepatan. Menurut peneliti siswa masih beranggapan bahwa hanya benda diam yang resultan gayanya sama dengan nol. Selain itu siswa juga keliru dalam mengartikan $\sum \vec{F} = 0$, berarti tidak memiliki kecepatan ($\vec{v} = 0$). Kekeliruan ini disebabkan karena siswa tidak paham arti dari resultan gaya sama dengan nol ($\sum \vec{F} = 0$) pada Hukum I Newton. Siswa mengartikan $\sum \vec{F} = 0$ adalah tidak ada gaya yang bekerja pada benda dan kecepatan benda nol (benda diam). Siswa kurang memahami arti fisis Hukum Newton, akan tetapi hanya menghafal bunyi dari setiap hukumnya (Malichatin, 2013). Padahal ketika $\sum \vec{F} = 0$ ada gaya yang bekerja, namun jumlah total gaya-gaya yang bekerja sama dengan nol (gaya seimbang) dan ketika benda bergerak maka kecepatan benda tetap bukan nol. Siswa kesulitan menentukan gaya total (Sari dkk, 2015).

Siswa HM beranggapan bahwa jika resultan gayanya sama dengan nol berarti benda tidak memperoleh massa. Siswa berpikir bahwa massa mempengaruhi gerak benda. Pemikiran ini muncul pada saat pembelajaran ketika siswa melakukan kegiatan pengamatan tentang Hukum I Newton. Siswa menganggap suatu benda mempertahankan kedudukannya dipengaruhi oleh massa benda, bukan pengaruh resultan gaya yang bekerja pada benda. Padahal massa benda yang digunakan untuk demonstrasi sama. Kesimpulan ini dibuat siswa tanpa menganalisis resultan gaya-gaya yang bekerja pada benda tersebut. Siswa masih mengalami kesulitan dalam menganalisis gaya-gaya yang bekerja pada benda (Sari dkk, 2015).

2. Perubahan pemikiran siswa terkait Hukum II Newton pada soal nomor 9

Distribusi jawaban benar siswa pada saat pretes dan postes pada soal nomor 9 ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Distribusi Jawaban Siswa pada Saat Pretes dan Postes Soal Nomor 9

Pilihan Jawaban	Pretes		Postes	
	Jumlah	Persen	Jumlah	Persen
A	6	23%	3	12%
B	6	27%	6	24%
C	1	4%	1	4%
D*	12	46%	15	60%

*Kunci Jawaban

Pada saat pretes, 12 siswa (46%) jawabannya benar dengan pilihan jawaban D, 6 siswa (23%) menjawab A, 6 siswa (23%) menjawab B dan hanya 1 siswa (4%) yang menjawab C. Dari tabel terlihat bahwa pada saat pretes lebih banyak siswa menjawab dengan pilihan benar sebesar 46%. Namun, hasil ini belum tentu menunjukkan bahwa pemahaman siswa sudah baik. Berikut ini cara penyelesaian soal atau penjelasan yang dituliskan siswa yang memilih jawaban benar D.

NS : Karena gaya Newton pada permukaan bumi memungkinkan memiliki 6 Newton. Sedangkan massa benda memungkinkan memiliki nilai 2.

Siswa hanya memberikan penjelasan dengan representasi verbal yang isinya hanya mengulang pernyataan pada soal. Tidak ada penyelesaian secara matematis yang muncul. Sedangkan siswa lainnya tidak menuliskan cara penyelesaian soal. Ini menunjukkan siswa hanya menebak jawaban. Kebenaran jawaban siswa tidak menunjukkan bahwa pemikiran siswa sudah benar.

Pada saat postes, siswa yang jawabannya benar dengan memilih jawaban D sebanyak 15 siswa (60%), 3 siswa (12%) memilih jawaban A, 6 siswa (24%) memilih jawaban B dan 1 siswa (4%) memilih jawaban C. Berikut penyelesaian soal atau penjelasan yang dipaparkan siswa yang jawabannya benar dengan memilih D dan mengandung pemikiran yang sudah baik.

$$NS : a = \frac{\sum F}{m}$$

$$\frac{3m}{s^2} = \frac{6 N}{2 kg}$$

$$NR : a = \frac{3m}{s^2}$$

$$a = \frac{\sum F}{m}$$

$$\frac{\sum F}{m} = 3m/s^2$$

$$\frac{\sum F}{m} = \frac{6}{2} = 3m/s^2$$

Siswa sudah memahami hubungan antara gaya, massa dan percepatan pada Hukum II Newton dan mampu merepresentasikan rumus matematisnya serta mengoperasikan hitungannya dengan hasil perhitungan yang sudah benar. Siswa yang menjawab A tidak menuliskan alasan apapun dan siswa yang menjawab B juga tidak menuliskan rumus penyelesaiannya. Hasil ini menunjukkan bahwa ada perubahan pada jenis representasi yang dibangun siswa. Dari representasi verbal menjadi representasi matematis.

Jumlah siswa yang menjawab benar dari pretes ke postes hanya meningkat sebesar 14% karena jumlah siswa yang menjawab benar hanya bertambah dari 12 menjadi 15 orang siswa. Ini menunjukkan siswa kesulitan dalam memahami pengaruh gaya dan massa terhadap percepatan benda dan sulitnya siswa membuat representasi rumus matematisnya. Sehingga, siswa sulit dalam menentukan besar percepatan benda (Sari dkk, 2015). Sutopo dkk (2012) juga memperoleh temuan yang sama bahwa siswa mengalami kesulitan dalam menentukan besar dan arah percepatan. Pada soal sebelumnya siswa mampu memberikan representasi verbal mengenai konsep hubungan antara gaya, massa dan percepatan pada Hukum II Newton, namun pada soal berikutnya yang menuntut representasi matematis siswa masih banyak yang keliru. Ini menunjukkan bahwa siswa hanya menghafal bunyi Hukum II Newton saja tanpa memahami secara mendalam. Pengetahuan baru yang ditransferkan guru mampu diungkap kembali oleh siswa, sangat mungkin hanya bersifat hapalan secara tekstual semata, tanpa pemahaman yang bermakna (Sutopo, 2014). Pembelajaran bermakna terjadi apabila siswa dapat menghubungkan fenomena baru ke dalam struktur kognitifnya baik berupa fakta, konsep dan generalisasi yang telah dipelajari dan diingat siswa (Zubaidah dkk, 2013a; Zubaidah dkk, 2013b).

3. Perubahan pemikiran siswa terkait Hukum III Newton pada soal nomor 14

Distribusi jawaban benar siswa pada saat pretes dan postes dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Distribusi Jawaban Siswa pada Saat Pretes dan Postes Soal Nomor 14

Pilihan Jawaban	Pretes		Postes	
	Jumlah	Persen	Jumlah	Persen
A	3	12%	0	0%
B*	14	56%	22	88%
C	2	8%	0	0%
D	6	24%	3	12%

*Kunci Jawaban

Hasil pretes menunjukkan sebagian besar siswa sudah memilih jawaban benar dengan memilih jawaban B, yaitu 14 siswa (56%). Hanya sebagian kecil saja yang jawabannya salah, yaitu 3 siswa (12%) memilih jawaban A, 2 siswa (8%) memilih jawaban C dan 6 siswa (24%) memilih jawaban D.

Berikut ini alasan siswa yang jawabannya salah dengan memilih A.

SNH : Karena saling berlawanan arah.

Alasan siswa salah jika mengatakan bahwa kedua gaya saling berlawanan arah karena \vec{F} meja-tv arahnya ke atas sedangkan \vec{F} bumi-tv arahnya juga ke atas. Sehingga kedua gaya ini tidak saling berlawanan arah. Jika siswa mampu menggambarkan analisis gaya-gaya yang berkerja, maka siswa dapat mengetahui gaya-gaya mana yang berlawanan arah dan memenuhi syarat-syarat lain dari pasangan gaya aksi reaksi. Siswa yang menjawab dengan pilihan jawaban C memberikan alasan yang tidak jelas dan tidak bisa digunakan sebagai alasan untuk membuat klaim.

Berikut ini analisis jawaban siswa yang jawabannya salah dengan pilihan D.

KKI : Karena berlawanan arah.

Alasan yang dikemukakan siswa KKI benar bahwa F_{tv} -meja dan F_{bumi} -meja kedua gaya tersebut berlawanan arah, namun belum memenuhi syarat gaya aksi reaksi karena kedua gaya tersebut tidak saling berinteraksi (tidak bersentuhan).

Pada saat postes, jumlah siswa yang jawabannya benar dengan pilihan B meningkat menjadi 22 siswa (88%). 3 siswa (12%) menjawab dengan pilihan D. Tidak ada siswa yang memilih jawaban A dan C. Berikut ini alasan siswa yang jawabannya salah dengan pilihan D:

SYF : Karena ada tarikan bumi/gaya gravitasi.

Tidak terjadi perubahan pada pemikiran siswa SYF baik pada saat pretes maupun postes. Siswa masih menganggap bahwa pasangan gaya \vec{F}_{tv} -meja dan \vec{F}_{bumi} -meja adalah pasangan gaya aksi reaksi karena adanya gaya gravitasi bumi. Kedua gaya ini memang saling berlawanan arah, namun tidak saling berinteraksi (bersentuhan). Oleh karena itu, bukan pasangan gaya aksi reaksi.

Distribusi jawaban benar siswa dari pretes ke postes pada butir soal nomor 14 mengalami peningkatan sebesar 32%. Jumlah siswa yang menjawab benar bertambah dari 14 siswa (56%) menjadi 22 siswa (85%). Meskipun masih ada 3 siswa (12%) yang jawabannya tetap salah dengan pilihan D, namun adanya peningkatan jumlah siswa yang menjawab dengan pilihan yang benar menunjukkan bahwa pembelajaran multi representasi efektif dalam memperbaiki pemahaman konsep siswa. Siswa yang pilihan jawabannya masih salah sudah mengetahui syarat-syarat gaya aksi reaksi, namun keliru dalam menentukan pasangan gaya aksi reaksi. Masih ada siswa yang menganggap bahwa suatu gaya yang arahnya berlawanan dengan arah gaya gravitasi merupakan pasangan gaya aksi reaksi, padahal kedua gaya tersebut tidak saling berinteraksi (bersentuhan). Keberadaan gaya normal dan gaya berat selalu dianggap sebagai pasangan gaya aksi reaksi dan selalu bekerja bersamaan pada suatu sistem dan selalu berlawanan arah untuk semua posisi sistem (Bakri dkk, 2013). Meskipun siswa dapat membuat penalaran yang baik bahwa gaya aksi dan reaksi besarnya sama melalui prinsip Hukum III Newton, namun siswa kesulitan dalam menentukan pasangan gaya aksi reaksi pada keadaan yang melibatkan interaksi gaya gravitasi (Zhou dkk, 2015).

KESIMPULAN

Pembelajaran multi representasi dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi Hukum Newton secara signifikan ($p < 0,01$) dengan *d-effect size* sebesar 2,66 (kategori kuat) dan *N-gain* sebesar 0,68 (kategori sedang). Pemikiran-pemikiran siswa yang masih belum benar dan sulit untuk diubah antara lain (1) mengartikan $\sum \vec{F} = 0$ adalah tidak ada gaya yang bekerja pada benda dan kecepatan benda nol (benda diam), (2) benda mempertahankan kedudukannya dipengaruhi oleh massa benda, bukan pengaruh resultan gaya yang bekerja pada benda, (3) menentukan pasangan gaya aksi reaksi pada keadaan yang melibatkan interaksi gaya gravitasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainsworth, S. (2009). The Educational Value of Multiple Representations when Learning Complex Scientific Concepts. In Visualization: Theory and Practice in Science Education Gilbert JK.; Reiner, M; Nakhleh, M (Eds.). 1-15.
- Angell, C., Guttersrud, O., & Henriksen, E. K. (2007). Multiple Representations as a Framework for a Modelling Approach to Physics Education. Department of Physics, University of Oslo, NORWAY, and Per Morten Kind, School of Education, Durham University, UK.
- Ayesh., Qmahieh, N., & Abdelfattah, F. (2010). The effect of student use of the free-body diagram representation on their performance. International Research Journals. Educational Research, 1(10), 505-511. Retrieved from <http://www.interestjournals.org/ER>.
- Bakri, M., Mursalin., & Payu, C. S. (2013). Analisis Konsepsi Calon Guru Fisika Terhadap Konsep Gaya Menurut Hukum-Hukum Newton Tentang Gerak.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). Research Methods in Education. New York: Routledge
- Creswel, J. W., Clark, V. L. P. (2007). Designing and Conducting Mixed Methods Research. London: Sage Publications
- Ellis, P. D. (2010). The Essential Guide to Effect Size: Statistical Power, Meta-analysis, and the Interpretation of Research Results. New York, Cambridge University Press.
- Hake, R. (1998). Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. American Journal of Physics, 66(1), 64-74. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1119/1.18809>
- Heuvelen, A. (1991). Learning to Think Like a Physicist: A Review of Research-Based Instructional Strategies. American Journal of Physics. 59, 891-897
- Heuvelen, A. V., & Xueli, Z. (2001). Multiple Representation of Work-Energy Processes. American Journal of Physics. 69 (184). Retrieved from doi: <http://dx.doi.org/10.1119/1.1286662>
- Irwandani. (2010). Multi Representasi Sebagai Alternatif dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*. 3 (1): 1-10. Retrieved from <http://ejournal.radenintan.ac.id/index.php/al-biruni/article/view/64/57>
- Kohl, P. B., Rosengrant, D., & Finkelstein, N. D. (2007). Strongly and weakly directed approaches to teaching multiple representation use in physics. Physical Review Special Topic – Physics Educations Research 3, 010108, 1-10 doi: 10.1103/PhysRevSTPER.3.010108
- Leigh, G. (2004). Developing Multi-Representational Problem Solving Skills in Large, Mixed-Ability Physics Classes. University of Cape Town Department of Physics: Thesis, Retrieved from http://www.phy.uct.ac.za/people/bufler/Leigh_Msc.pdf
- Malichatin, H. (2013). Pengembangan Materi Subjek Bagi Mahasiswa Calon Guru Fisika. *Journal of Innovative Science Education*. 2(1), 35-41

- Meltzer, E. D. (2005). The Relationship between Mathematics Preparation and Conceptual Learning Gains in Physics: A Possible Hidden Variable in Diagnostic Pretest Score. *American Journal of Physics*, 70(2), 1259-1268
- Morgan, G. A., Leech, N. L., Gloeckner, G. W., & Barret, K. C. (2004). *SPSS for Introductory Statistics: Use and Interpretation 2nd Edition*. New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Rosengrant, D., Etkina, E., & Van Heuvelen, A. (2007). An Overview of Recent Research on Multiple Representations. Rutgers, The State University of New Jersey GSE, 10 Seminary Place, New Brunswick NJ, 08904
- Rosengrant, D., Van Heuvelen, A., & Etnika, E. (2009). Do students use and understand free-body diagrams?. *Physical Review Special Topic – Physics Educations Research* 5, 010108, 1-13. doi: 10.1103/PhysRevSTPER.5.010108
- Sari, A., Sutopo., & Wartono. (2015). Penggunaan Multi Representasi Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Siswa SMA Pada Materi Hukum II Newton. *Seminar Nasional IPA VI Tahun 2015*. 270-280. Retrieved from <http://www.researchgate.net/publication/308962603>
- Suhandi, A & Wibowo, F. C. (2012). Pendekatan Multi Representasi Dalam Pembelajaran Usaha-Energi dan Dampak Terhadap Pemahaman Konsep Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 8(1) 1-7, Retrieved from (<http://journal.unnes.ac.id/index.php/jpfi>)
- Sutopo., Liliarsari., Waldrip, B., & Rusdiana, D. (2012). Impact of Representational Approach On The Improvement of Student's Understanding of Accelerations. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. 8, 161-173, Retrieved from <http://journal.unnes.ac.id/index.php/jpi>
- Sutopo. (2014). Miskonsepsi Pada Optika Geometri dan Remediasinya. *J-TEQIP*. V(2), 356-368
- Sutopo & Wadrip, B. (2014). Impact of a Representational Approach on Students, Reasoning and Conceptual Understanding in Learning Mechanics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12, 741-765.
- Yusuf & Setiawan. 2009. Studi Kompetensi Multirepresentasi Mahasiswa Pada Topik Elektrostatika. *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi*. 2(1), 1-10. Retrieved from <http://www.researchgate.net/publication/266875509>
- Zubaidah, S., Mahanal, S., Yuliati, L., & Sigit, D. (2014)a. Buku Guru Ilmu Pengetahuan Alam SMP/MTs Kelas VIII. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Zubaidah, S., Mahanal, S., Yuliati, L., & Sigit, D. (2014)b. Buku Siswa Ilmu Pengetahuan Alam SMP Kelas VIII Semester 1. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Zubaidah, S., Mahanal, S., & Yuliati, L. (2013)a. *Ragam Model Pembelajaran IPA Sekolah Dasar*. Malang: Universitas Negeri Malang (UM Press)
- Zubaidah, S., Yuliati, L., & Mahanal, S. (2013)b. *Model dan Metode Pembelajaran SMP IPA*. Malang: Universitas Negeri Malang (UM Press)