

Eksplorasi Kemampuan *Scientific Reasoning* Materi Hukum Newton Siswa SMA

Annisa Ulfa Yana¹, Supriyono Koes Handayanto¹, Titik Wuryanti²

¹ Pendidikan Fisika-Universitas Negeri Malang

²SMAN 1 Rogojampi

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima: 17-07-2020

Disetujui: 13-04-2021

Kata kunci:

exploration;
scientific reasoning;
newton's law;
eksplorasi;
scientific reasoning;
hukum newton

ABSTRAK

Abstract: Newton's law which is the focus of physics material next requires high scientific reasoning skill. This article is a survey research conducted on 207 students with descriptive quantitative methods. This study aims to explore patterns and levels of scientific reasoning of students in Newton's law. The instrument used is the development of MLCTSR (Modified Lawson Classroom Test Scientific Reasoning) in the form of 15 items (reability 0.828) that were adjusted to Newton's law. The results of research shows that the TM category dominated almost all pattern of SR. The highest SR mastery is on the PBR pattern while the lowest is on the HDR pattern. Overall, 33% of students are at a concrete operational level, 53% at the transition level, and only 14% of students at the formal operational level. From these results it can be concluded that the pattern and level of SR of students in newton's law were still relatively low.

Abstrak: Materi hukum newton yang menjadi fokus dalam materi fisika selanjutnya membutuhkan kemampuan *scientific reasoning* yang tinggi. Artikel ini merupakan penelitian survei yang dilakukan pada 207 siswa dengan metode kuantitatif deskriptif. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pola dan level *scientific reasoning* siswa pada materi hukum Newton. Instrumen yang digunakan adalah pengembangan *MLCTSR* (*Modified Lawson Classroom Test Scientific Reasoning*) berupa 15 soal (reabilitas 0,828) yang disesuaikan dengan materi hukum newton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kategori *TM* mendominasi hampir semua pola SR siswa. Penguasaan SR tertinggi berada pada pola PBR sedangkan yang terendah berada pada pola HDR. Secara keseluruhan, 33% siswa berada pada level operasional konkret, 53% pada level transisi, dan hanya 14% siswa pada level operasional formal. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa pola dan level kemampuan SR siswa pada materi hukum newton masih tergolong rendah.

Alamat Korespondensi:

Annisa Ulfa Yana
Pendidikan Fisika
Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5 Malang
E-mail: nissaul.annisa@gmail.com

Scientific Reasoning (SR) merupakan keterampilan kognitif yang penting bagi siswa dalam menghadapi kehidupan era revolusi 4.0. SR atau penalaran ilmiah menjadi faktor utama untuk mengembangkan pemikiran siswa dalam belajar (Khoirina dkk., 2018). Proses berpikir dalam SR yang berhubungan dengan pemahaman konsep (Purwanti dkk., 2016), argumentasi (Fischer et al., 2014) dan kemampuan pemecahan masalah (Moore & Rubbo, 2012; Nurhayati dkk., 2016) dapat membantu siswa menghadapi tantangan globalisasi dan perkembangan teknologi (Zafitri dkk., 2019). Sementara itu, hukum Newton adalah materi yang membahas mengenai hukum tentang gerak, gravitasi dan hubungan antar gaya yang bekerja pada benda (Giancoli, 2014; Serway & Jewett, 2013). Materi hukum Newton merupakan salah satu materi penting dalam fisika dasar yang menjadi fokus untuk materi fisika selanjutnya (Serway & Jewett, 2013). Selain penting, materi hukum Newton membutuhkan pemahaman konsep dan tingkat penalaran yang tinggi (Fabby & Koenig, 2014; Taufiq, 2017). Namun hasil penelitian yang dilakukan pada siswa SMA Negeri 1 Kandangan, Kediri menunjukkan bahwa 66,3% siswa masih memiliki pemahaman yang rendah pada materi hukum Newton (Lingga, Sari, & Taufiq, 2018). Selain itu, penelitian dilakukan oleh Yuwanti dkk. (2017) pada SMA di Palu juga menunjukkan bahwa pemahaman konsep siswa tentang hukum Newton hanya 25%, dan 46% siswa tidak mengetahui konsep. Hal ini disebabkan karena sebagian besar siswa cenderung menghafal tanpa memahami arti fisisnya (Cheong et al., 2019; Susiana et al., 2018).

Rendahnya tingkat pemahaman siswa ini juga dipengaruhi oleh rendahnya level *scientific reasoning* yang dimiliki siswa (Zimmerman, 2007). Siswa dengan level *scientific reasoning* yang tinggi cenderung lebih mudah berkomunikasi dalam beragumen dan dapat memahami konsep dengan baik. Pada era 4.0 ini, Siswa tidak hanya dituntut untuk dapat memahami konsep lebih dalam namun juga harus memiliki kemampuan pemecahan masalah, argumentasi, komunikasi dan tingkat penalaran ilmiah yang tinggi (Zimmerman & Klahr, 2018).

Sejauh ini, telah banyak penelitian yang mengidentifikasi tingkat SR siswa (Ding et al., 2016; Hartmann et al., 2015; Khoirina et al., 2018; Kind & Osborne, 2017; Lawson et al., 2000; Lawson, 2004; Moore & Rubbo, 2012; Novia & Riandi, 2017; Nurhayati et al., 2016) pada materi fisika. Namun, instrumen yang digunakan masih terpaku pada tes pilihan ganda yang dikembangkan oleh Lawson (2004) yaitu LCTSR (*Lawson Classroom Test Scientific Reasoning*). Tes tersebut cenderung kaku dan masih bersifat umum. Masih sedikit penelitian yang mengembangkan instrumen tes SR yang disesuaikan dengan materi yang diberikan kepada siswa, khususnya materi hukum Newton. Maka dari itu, penelitian ini mengeksplorasi kemampuan SR siswa khusus pada materi hukum Newton dengan menggunakan modifikasi instrumen tes SR berupa pilihan ganda beralasan yang sesuai dengan materi yang diujikan.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif deskriptif untuk mengeksplorasi kemampuan SR siswa pada masing-masing pola sekaligus mengetahui level SR siswa pada materi hukum Newton. Penelitian ini merupakan penelitian survei yang dilakukan pada 207 siswa di SMA Negeri 1 Rogojampi. Subjek penelitian merupakan seluruh siswa kelas XI MIPA yang telah mempelajari materi hukum newton sebelumnya. Instrumen yang digunakan pada penelitian ini berupa tes pilihan ganda beralasan dalam bentuk uraian pertanyaan terbuka. Instrumen tes yang digunakan yakni 15 butir soal dengan reabilitas sebesar 0.828 pada materi hukum newton tentang gerak dan hukum gravitasi newton yang disesuaikan dengan pola SR berdasarkan *MLCTSR (Modified Lawson Classroom Test Scientific Reasoning)* yang dikembangkan oleh (Zhou et al., 2016).

Pola kemampuan SR yang diekplorasi pada penelitian ini berupa 6 indikator yang terdiri atas *Conservation Reasoning (CR)*, *Propotional Reasoning (PPR)*, *Control of Variable (COV)*, *Probabilistic Reasoning (PBR)*, *Correlation Reasoning (COR)*, serta *Hypothetical-deductive Reasoning (HDR)*. Data yang diperoleh selanjutnya direduksi berdasarkan rubrik penilaian SR yang dikembangkan oleh Karplus & Karplus (1969) untuk pola HDR, Lawson (1976) untuk pola CR, Karplus (1977) untuk pola COV, Karplus et al. (1978) untuk pola PPR dan PBR, serta Adi et al. (1978) untuk pola COR seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Rubrik Penilaian *Scientific Reasoning*

Pola SR	No. Soal	Skor	Kategori	Keterangan kriteria
CR	1, 2	0	TM	Tidak menjawab; jawaban pilihan ganda salah dan tidak beralasan
		1	I	Jawaban benar tapi tidak ada penjelasan
		2	SE	Ada jawaban dan alasan yang mewakili informasi atau pertanyaan “Apakah berubah atau tidak”
		3	SF	Ada jawaban dan alasan yang mewakili aturan atau konsep; siswa mengerti “apa itu konservatif” namun penjelasannya kurang.
		4	SEF	Ada jawaban dan alasan yang mewakili fakta; siswa telah memahami penalaran konservasi.
PPR	3, 4, 5	0	TM	Tidak menjawab; jawaban pilihan ganda salah dan tidak beralasan
		1	I	Jawaban benar tapi tidak ada penjelasan; penjelasan tidak logis
		2	A	Ada jawaban dan penjelasan hanya fokus pada satu perbedaan
		3	Tr	Ada jawaban dan penggunaan proporsi secara parsial atau tidak lengkap
		4	R	Jawaban benar dan penggunaan proporsi yang lengkap berdasarkan rasio yang konstan.
COV	6, 7, 8	0	TM	Tidak menjawab; jawaban pilihan ganda salah dan tidak beralasan
		1	I	Jawaban benar tapi tidak ada penjelasan; penjelasan tidak logis; miskonsepsi.
		2	OV	Menyebutkan satu variabel
		3	TV	Menyebutkan dua variabel; atau satu variabel beserta penjelasan fungsinya
		4	ThV	Menyebutkan tiga variabel; atau menyebutkan dua variabel beserta penjelasan fungsinya
5	AV	Menyebutkan tiga variabel beserta penjelasan fungsi pada masing-masing variabel		
PBR	9, 10, 11	0	TM	Tidak menjawab; jawaban pilihan ganda salah dan tidak beralasan
		1	I	Jawaban benar tapi tidak ada penjelasan; penjelasan tidak logis
		2	Ap	Ada jawaban dan penjelasan hanya berupa deskriptif kualitatif yang benar tetapi tidak lengkap
		3	Q	Jawaban benar dan memberikan penjelasan deskriptif kualitatif dan kuantitatif yang lengkap dan benar
COR	12, 13	0	TM	Tidak menjawab; jawaban pilihan ganda salah dan tidak beralasan
		1	I	Jawaban benar, tetapi tidak ada penjelasan; penjelasan tidak logis
		2	NR	Ada jawaban, tetapi penjelasan tidak berhubungan
		3	C	Ada jawaban dan penjelasan menggunakan perbandingan kuantitatif atau kualitatif
4	Co	Jawaban benar dan penjelasan yang saling berhubungan; kesimpulan menggunakan semua data yang ada untuk menghubungkan dengan data sebelumnya		
HDR		0	TM	Tidak menjawab; jawaban pilihan ganda salah dan tidak beralasan
		1	N	Jawaban benar tapi tidak ada penjelasan

14, dan 15	2	PI	Ada jawaban dan penjelasan tidak mengacu pada petunjuk atau informasi baru
	3	T	Ada jawaban dan penjelasan membandingkan langsung; penjelasan mengulangi petunjuk
	4	CI	Ada jawaban dan penjelasan berupa petunjuk atau informasi digunakan untuk membuat prediksi baru
	5	AI	Jawaban benar dan penjelasan berupa logika yang bertahap berdasarkan konsep.

CR = Conservation Reasoning; PPR = Proportional Reasoning; COV = Control of Variabel; PBR = Probabilistic Reasoning; COR = Correlational Reasoning; HDR = Hypothetical-Deductive Reasoning; TM = Tidak Menjawab; I = Intuitive; SE = Skema Eksekutif; SF = Skema Figuratif; SEF = Skema Eksekutif-Figuratif; A; Aditive; Tr = Tradisional; R = Rasio; OV = One Variab\le; TV = Two Variable; ThV = Three Variable; AV = All Variable; Ap = Approximate; Q = Quantitative; NR = No Relationship; C = Comparison; Co = Correlation; N = No explanation; PI = Pre-logic; T = Trantition; CI = Concrete-logic; AI = Abstract-logic.

Skor total dari data yang diperoleh pada hasil tes SR selanjutnya diklasifikasikan untuk menentukan level SR siswa pada materi hukum Newton. Klasifikasi level SR siswa yang digunakan diadaptasi dari (Lawson, 2010) seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Level Scientific Reasoning

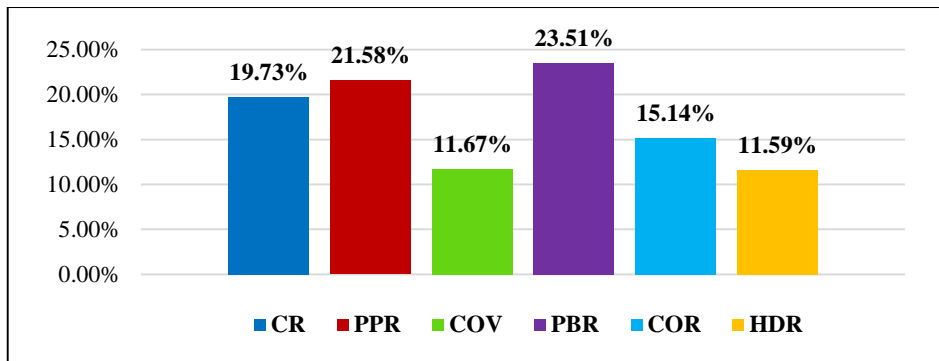
Skor total	Level Scientific Reasoning
0-20	Operasional konkret
21-41	Transisi/ Tradisional
42-62	Operasional formal

HASIL

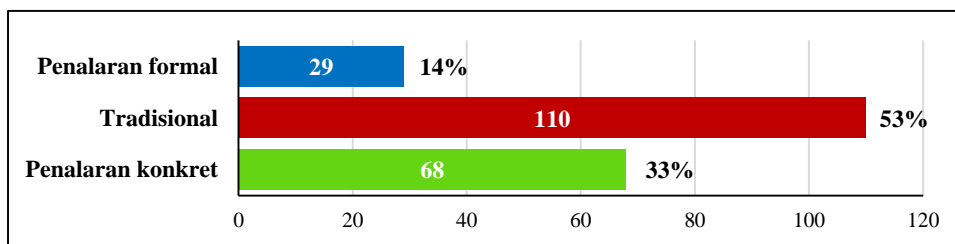
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menggunakan instrumen tes SR materi hukum newton terhadap 207 siswa, diperoleh hasil level kemampuan SR siswa dan kemampuan siswa pada masing-masing pola SR. Kategori SR pada masing-masing pola SR ditunjukkan pada Tabel 3. dan grafik penguasaan pola kemampuan SR siswa materi hukum Newton dapat dilihat pada gambar 1, sedangkan hasil level kemampuan SR siswa materi hukum newton tersebut ditunjukkan pada gambar 2.

Tabel 3. Distribusi Kategori Scientific Reasoning Siswa pada Masing-masing Pola

Kategori Conservation Reasoning					
TM	I	SE	SF	SEF	
27,05%	13,77%	16,43%	15,70%	27,05%	
Kategori Proportional Reasoning					
TM	I	Ad	Tr	R	
21,74%	13,53%	21,90%	22,06%	20,77%	
Kategori Control Of Variable					
TM	I	OV	TV	ThV	AV
26,89%	26,4%	11,27%	21,1%	7,25%	7,09%
Kategori Probabilistic Reasoning					
TM	I	Ap		Q	
30,11%	22,87%	19,48%		27,54%	
Kategori Correlation Reasoning					
TM	I	NR	C	Co	
33,34%	21,26%	9,18%	22,22%	14%	
Kategori Hypothetical-Deductive Reasoning					
TM	I	PI	T	CI	AI
35,02%	18,6%	8,21%	19,32%	9,18%	9,67%



Gambar 1. Grafik Penguasaan Pola *Scientific Reasoning* Siswa Materi Hukum Newton



Gambar 2. Level Kemampuan *Scientific Reasoning* siswa Materi Hukum Newton

PEMBAHASAN

Pola Kemampuan Scientific Reasoning Siswa

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 3., terlihat bahwa pola CR 27,05% berada pada kategori *TM* dan *SEF*, pada pola PPR 22,06% pada kategori *Tr*, sedangkan 26,89% pada pola COV, 30,11% pada pola PBR, 33,34% pada pola COR, dan 35,02% pada pola HDR berada pada kategori *TM*. Sedangkan siswa yang menguasai pola CR secara keseluruhan sebesar 19,73%, pada pola PPR sebesar 21,58%, pola COV hanya 11,67%, pola PBR sebesar 23,51%, pola COR sebesar 15,14%, dan pola HDR sebesar 11,59%.

Berdasarkan Gambar 1. terlihat bahwa penguasaan pola SR terendah terdapat pada pola HDR dan COV sedangkan yang tertinggi adalah pola PBR. Hasil penelitian ini tidak selaras dengan temuan Aini et al. (2018) dan Andani et al. (2018). Menurut penelitian Aini et al. (2018), pola HDR pada materi dinamika adalah pola kemampuan SR yang paling dikuasai siswa, dimana artinya siswa telah mampu mengorganisasikan solusi untuk menyelesaikan masalah fisika khususnya pada materi dinamika. Siswa juga telah mampu mengolah informasi masalah pada materi hukum newton melalui proses berpikir hipotesis-deduktif dengan baik meskipun kemampuan siswa dalam menyimpulkan masih rendah (Andani et al., 2018).

Pola penalaran HDR merupakan karakteristik domain SR yang mengacu pada strategi untuk menentukan kesimpulan melalui proses berpikir logika dan pengembangan solusi yang mungkin terhadap hipotesis (Erlina et al., 2017; Karplus & Karplus, 1969). Pada pola HDR terdapat tiga kategori utama yang perlu diperhatikan, yaitu *pre-logic*, *concrete-logic*, dan *abstract-logic*. Sedangkan kategori *T (Transisi)* adalah transisi dari pengetahuan *pre-logic* ke pengetahuan *concrete-logic*. Hasil pada Tabel 3. menunjukkan bahwa persentase siswa yang berada pada kategori *TM (Tidak menjawab)* dan *T (Transisi)* lebih banyak dibandingkan dengan kategori *pre-logic*, *concrete-logic*, dan *abstract-logic* yaitu sebesar 19,32%. Hasil ini dijelaskan oleh (Erlina et al., 2018) bahwa rendahnya kategori pola HDR disebabkan oleh terhambatnya perkembangan proses berpikir logika siswa akibat pengaplikasian konsep yang salah atau tidak relevan dengan masalah.

Namun rendahnya pola COV pada penelitian ini sesuai dengan penelitian Zhou et al. (2016) yang menemukan bahwa kemampuan pola COV tergolong keterampilan yang sulit untuk diterapkan dalam menafsirkan konteks fisika sehingga wajar jika siswa kurang menguasai pola ini. Didukung juga oleh hasil pada tabel 3 dimana terlihat bahwa hanya sekitar 7% siswa yang berada pada kategori *ThV* dan *AV*. Hal ini mengindikasikan bahwa masih sedikit siswa yang sudah memahami jenis-jenis variabel beserta pengaruhnya dalam suatu konteks. Selain itu, sebagian besar siswa hanya mampu menyebutkan sebagian variabel tanpa bisa menjelaskan fungsi atau implementasinya secara verbal dengan baik. Pengembangan pola COV yang tepat selama pembelajaran dapat mempengaruhi perkembangan SR dalam mengidentifikasi variabel serta berpikir tentang hubungan kausal yang mungkin pada variabel tersebut (Karplus, 1977; Zhou et al., 2016).

Sementara itu, berdasarkan hasil penelitian pada Gambar 1., kemampuan SR siswa materi hukum newton tertinggi pada pola PBR yaitu sebesar 23,51%, namun hasil ini masih tergolong rendah. Hasil pada Tabel 3. Juga menunjukkan bahwa 27,54% siswa telah berada pada kategori *Q* (*Quantitatif*) dan lebih tinggi dibandingkan dengan kategori *Ap* (*Aproximate*), dimana hal ini menunjukkan bahwa beberapa siswa telah mampu menalar suatu peluang dengan mempertimbangkan bukti konsep secara kuantitatif dan kualitatif. Meskipun demikian kedua kategori ini masih lebih kecil dibandingkan dengan persentase siswa yang berada pada kategori *TM* dan *I*, maka dari itu penguasaan pola PBR siswa masih tergolong rendah. Hasil ini sesuai dengan temuan Novia & Riandi (2017) dan rendahnya penguasaan ini dijelaskan oleh Erlina et al. (2018) bahwa sebagian besar siswa mengandalkan asumsi yang sama karena lemahnya kemampuan argumentasi yang dimiliki siswa.

Selain itu, hasil pada tabel 3 dan gambar 1 juga menunjukkan bahwa siswa kurang menguasai pola COR pada materi hukum Newton. Tanpa memperhitungkan kategori TM dan I, siswa yang berada pada kategori *C* (*Compare*) lebih tinggi dibandingkan dengan kategori *NR* dan *Co* yaitu sebesar 22,22%. Hal ini mengindikasikan bahwa masih banyak siswa yang lemah dalam menghubungkan sebab akibat pada penyelesaian masalah karena proses berpikir siswa cenderung menggunakan perbandingan sederhana baik secara kualitatif maupun kuantitatif untuk menghubungkan suatu timbal balik variabel. Hasil ini selaras dengan penelitian Rimadani et al. (2017) yang menemukan bahwa sebagian besar siswa memiliki pengetahuan terbatas sehingga kesulitan dalam menggali informasi lebih dalam pada permasalahan yang diberikan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa siswa masih memiliki penalaran yang rendah pada pola COR materi hukum Newton.

Penguasaan siswa terhadap pola CR pada materi hukum newton juga tergolong rendah yaitu 19,73%. Hasil ini didukung pada data pada Tabel 3. yang memperlihatkan bahwa persentase siswa yang berada pada kategori TM dan SEF yang seimbang. Selain itu, sebesar 16,43% siswa yang berada pada kategori SE menunjukkan bahwa siswa hanya menggunakan skema eksekutif dalam proses penalaran konservasi dimana siswa hanya terfokus pada keadaan benda (Lawson, 1976). Selisih beberapa persen dengan pola CR, sebanyak 21,58% siswa menguasai pola PPR pada materi hukum newton. Begitu pula hasil pada tabel 3 yang menunjukkan bahwa persentase siswa terbanyak berada pada kategori *Tr* (*Tradisional*). Hasil ini sesuai dengan temuan Aini et al. (2018) dan Wardani et al (2018). Hal ini mengindikasikan bahwa penguasaan pola PPR siswa materi hukum newton tergolong dibawah rata-rata karena siswa kurang dapat menggunakan perbandingan rasio dengan benar dalam menyelesaikan masalah.

Level Kemampuan Scientific Reasoning Siswa

Berdasarkan hasil penelitian pada gambar 2 terlihat bahwa 53% siswa berada pada level transisi/tradisional, kemudian 33% siswa pada level operasional konkret, dan hanya 14% siswa yang telah memasuki level operasional formal. Siswa yang berada pada level operasional konkret berjumlah 68 siswa, yang berada pada level transisi terdapat 110 siswa, dan sisanya 29 siswa pada level operasional formal. Hal ini tidak mengejutkan karena hasil penelitian ini selaras dengan temuan Balqis et al.(2019), Khoirina et al. (2018), Sutarno (2014), dan Wardani et al. (2018) yang menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih berada pada level transisi dan level operasional konkret. Berbeda dengan siswa pada level operasional formal, siswa yang berada pada level operasional konkret yang telah memperoleh pengertian konservasi namun masih terbatas pada kognitif yang bersifat operasional dan reversibel, sehingga cenderung kesulitan dalam memecahkan masalah abstrak (Stammen et al., 2018; Sutarno, 2014). Sedangkan siswa dengan kemampuan SR pada level transisi sebagai masa peralihan sebelum operasional formal sudah mampu memahami proses berpikir induktif-deduktif, namun masih kurang sempurna (Stammen et al., 2018).

Hasil ini bertentangan dengan teori perkembangan kognitif Piaget (1928) yang menyebutkan bahwa anak usia lebih dari 11 tahun pada dasarnya telah memasuki level operasional formal. Kemampuan SR bersifat dinamis dan berkembang sesuai dengan faktor-faktor yang mempengaruhinya (Erlina et al., 2017; Sutarno, 2014). Sehingga terlambatnya perkembangan SR siswa pada level operasional formal ini dapat dipengaruhi oleh proses pembelajaran yang kurang tepat dalam melatih kemampuan SR, khususnya pada kegiatan ilmiah. Rendahnya tingkat penguasaan SR pada masing-masing pola mempengaruhi persentase siswa yang berada pada level operasional formal. Hal ini mengindikasikan bahwa level kemampuan SR siswa pada materi hukum newton masih tergolong rendah.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian dapat disimpulkan bahwa pola dan level SR siswa pada materi hukum newton masih tergolong rendah. Kategori *TM* pada setiap pola SR masih mendominasi proses berpikir siswa pada materi hukum newton. Sedangkan kategori utama pada masing-masing pola SR materi hukum newton tidak benar-benar melekat pada siswa karena siswa cenderung menggunakan intuisi dan menjawab secara acak akibat lemahnya pemahaman konsep yang dimiliki siswa. Siswa masih berada pada kategori-kategori rendah pada setiap pola SR sehingga tingkat penguasaan SR pada setiap pola juga tergolong rendah. Kemampuan SR tertinggi pada materi hukum newton berada pada pola PBR, sedangkan kemampuan SR terendah berada pada pola HDR. Level SR siswa pada materi hukum newton juga menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih berada pada level transisi. Maka dari itu, perlu adanya pembelajaran berbasis konstruktivisme yang dapat melatih pola SR dengan tepat sehingga dapat meningkatkan level SR siswa pada materi hukum newton.

DAFTAR RUJUKAN

- Adi, H., Karplus, R., Lawson, A., & Pulos, S. (1978). Intellectual Development Beyond Elementary School VI: Correlational Reasoning. *School Science and Mathematics*, 78(8), 675–683. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1978.tb18270.x>
- Aini, N., Subiki., & Supriadi, B. (2018). Identifikasi Kemampuan Penalaran Ilmiah (Scientific Reasoning) Siswa SMA di Kabupaten Jember Pada Pokok Bahasan Dinamika. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika 2018*, 121–126.
- Andani, I. D., Prastowo, S. H. B., & Supeno. (2018). Identifikasi Kemampuan Penalaran Hipotesis-Deduktif Siswa SMA dalam Pembelajaran Fisika Materi Hukum Newton. *Seminar Nasional Quantum*, 25, 562–568.
- Balqis, D., Kusairi, S., & Supriana, E. (2019). Analisis Kemampuan Penalaran Ilmiah pada Pembelajaran Interactive Demonstration disertai Formative Assessment. *Jurnal Pendidikan : Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 4(11), 1485–1490.
- Cheong, Y. W., Ha, S., Byun, T., & Lee, G. (2019). Two Patterns of Student Reasoning in Problem Solving Concerning Frictional Force. *Physics Education*, 54(2). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aaf6f9>
- Ding, L., Wei, X., & Liu, X. (2016). Variations in University Students' Scientific Reasoning Skills Across Majors, Years, and Types of Institutions. *Research in Science Education*, 46(5). <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9473-y>
- Erlina, N., Susantini, E., & Wasis, W. (2018). Common False of Student's Scientific Reasoning in Physics Problems. *Journal of Physics: Conference Series*, 1108(1), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1108/1/012016>
- Erlina, Nia, Supeno, & Wicaksono, I. (2017). Penalaran Ilmiah dalam Pembelajaran Fisika. *Seminar Nasional Fisika*.
- Fabby, C., & Koenig, K. M. (2014). Relationship of Scientific Reasoning to Solving Different Physics Problem Types. *Physics Education Research*, 141–144. <https://doi.org/10.1119/perc.2013.pr.023>
- Fischer, F., Kollar, I., Ufer, S., Sodian, B., & Hussmann, H. (2014). Scientific Reasoning and Argumentation: Advancing an Interdisciplinary Research Agenda in Education. *Frontline Learning Research*, 2(3), 28–45. <https://doi.org/10.14786/flr.v2i2.96>
- Hartmann, S., Upmeier Zu Belzen, A., Krüger, D., & Pant, H. A. (2015). Scientific Reasoning in Higher Education: Constructing and Evaluating the Criterion-Related Validity of an Assessment of Preservice Science Teachers' Competencies. *Zeitschrift Fur Psychologie / Journal of Psychology*, 223(1), 47–53. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000199>
- Karplus, E. F., & Karplus, R. (1969). Intellectual Development Beyond Elementary School: Deductive Logic. *School Science and Mathematics*, 398–406.
- Karplus, R. (1977). A Survey of Proportional Reasoning and Control of Variables in Seven Countries. *Journal of Research in Science Teaching*, 14(5), 411–417.
- Khoirina, M., Cari, C., & Sukarmin. (2018). Identify Students' Scientific Reasoning Ability at Senior High School. *Journal of Physics: Conference Series*, 1097(1), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1097/1/012024>
- Kind, P., & Osborne, J. (2017). Styles of Scientific Reasoning: A Cultural Rationale for Science Education? *Science Education*, 101(1), 8–31. <https://doi.org/10.1002/sc.21251>
- Lawson, Anton E. (1976). M-Space : Is It a Constraint on Conservation Reasoning Ability ? *Journal of Experimental Child Psychology*, 22, 40–49.
- Lawson, Anton E. (2010). Basic Inferences of Scientific Reasoning, Argumentation, and Discovery. *Science Education*, 94(2), 336–364. <https://doi.org/10.1002/sc.20357>
- Lawson, Anton E., Clark, B., Cramer-meldrum, E., Falconer, K. A., Sequist, J. M., & Kwon, Y. (2000). Development of Scientific Reasoning in College Biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(1), 81–101.
- Lawson, Antone E. (2004). The nature and development of scientific reasoning: A synthetic view. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3), 307–338. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3224-2>
- Lingga, A., Sari, R., & Taufiq, A. (2018). Pemahaman Konsep dan Kesulitan Siswa SMA pada Materi Hukum Newton. *Jurnal Pendidikan : Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 3(10), 1323–1330.
- Moore, J. C., & Rubbo, L. J. (2012). Scientific Reasoning Abilities of Nonscience Majors in Physics-Based Courses. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.010106>
- Novia, N., & Riandi, R. (2017). The analysis of students scientific reasoning ability in solving the modified lawson classroom test of scientific reasoning (MLCTSR) problems by applying the levels of inquiry. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(1), 116–122. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i1.9600>
- Nurhayati, N., Yuliati, L., & Mufti, N. (2016). Pola Penalaran Ilmiah dan Kemampuan Penyelesaian Masalah Sintesis Fisika. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 1(8), 1594–1597.
- Purwanti, S., Handayanto, S. K., & Zulaikah, S. (2016). Korelasi Antara Penalaran Ilmiah dan Pemahaman Konsep Siswa pada Materi Usaha dan Energi. *Seminar Nasional Pendidikan IPA Pascasarjana UM*, 1.
- Rimadani, E., Parno., & Diantoro, M. (2017). Identifikasi Kemampuan Penalaran Ilmiah Siswa SMA pada Materi Suhu dan Kalor. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 2(6), 833–839.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2013). Physic for Scientists and Engineers 9th Edition. In *Physical Sciences: Mary Finch*.
- Stammen, A. N., Malone, K. L., & Irving, K. E. (2018). Effects of Modeling Instruction Professional Development on Biology Teachers' Scientific Reasoning Skills. *Education Sciences*, 8(199), 1–19. <https://doi.org/10.3390/educsci8030119>

- Susiana, N., Yuliati, L., & Latifah, E. (2018). Pengaruh Interactive Demonstration terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa Kelas X pada Materi Hukum Newton. *Pendidikan*, 3(3), 312–315.
- Sutarno. (2014). Profil Penalaran Ilmiah (Scientific Reasoning) Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Bengkulu Tahun Akademik 2013/2014. *Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Bidang MIPA 2014*, (7), 361–371.
- Taufiq. (2017). Eksperimen Berpikir (Thought Experiments); Beberapa Kasus dalam Hukum Newton. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA 2017*, 150–162.
- Wardani, P. O., Supeno, & Subiki. (2018). Identifikasi Kemampuan Penalaran Ilmiah Siswa SMK tentang Rangkaian Listrik pada Pembelajaran Fisika. *Seminar Nasional Fisika 2018 “Implementasi Pendidikan Karakter dan IPTEK Untuk Generasi Milenial Indonesia Dalam Menuju SDGs 2030,”* 3, 183–188.
- Yuwarti, Pasaribu, M., & Hatibe, A. (2017). Analisis Pemahaman Konsep Siswa SMA Lab-School Palu pada Materi Hukum Newton. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako (JPFT)*, 5(3), 36–41.
- Zafitri, T. S., Siahaan, P., & Liliawati, W. (2019). Design of Scientific Reasoning Test Instruments on Simple Harmonic Motion Topics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(64). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/3/032064>
- Zhou, S., Han, J., Koenig, K., Raplinger, A., Pi, Y., Li, D., ... Bao, L. (2016). Assessment of Scientific Reasoning: The Effects of Task Context, Data, and Design on Student Reasoning in Control of Variables. *Thinking Skills and Creativity*, 19, 175–187. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2015.11.004>
- Zimmerman, C. (2007). The Development of Scientific Thinking Skills in Elementary and Middle School. *Developmental Review*, 27(2), 172–223. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2006.12.001>
- Zimmerman, C., & Klahr, D. (2018). Development of Scientific Thinking. In *Stevens’ Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience* (pp. 1–25). <https://doi.org/10.1002/9781119170174.epcn407>