

# Model Mental Siswa dalam *Argument Driven Inquiry* Berbasis Fenomena Disertai Penilaian Formatif pada Materi Hukum Newton

Jamiatul Mufidah<sup>1</sup>, Parno<sup>1</sup>, Markus Diantoro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pendidikan Fisika-Universitas Negeri Malang

---

## INFO ARTIKEL

### Riwayat Artikel:

Diterima: 24-09-2020

Disetujui: 21-03-2021

### Kata kunci:

*argument driven inquiry;*  
*formative assessment;*  
*newton's law;*  
*argument driven inquiry;*  
*penilaian formatif;*  
*hukum newton*

---

## ABSTRAK

**Abstract:** The purpose of this study is to describe students' mental models in phenomenon-based Argument Driven Inquiry (ADI) learning with formative assessment. This research uses quantitative and qualitative approaches with mixed methods of embedded experimental model design. The subject was taken from X IPA-1 with 26 students at Pademawu 1 Public High School. The instrument was developed in the form of 6 essay questions. Research data were analyzed using t-paired test, N-gain, and effect size. The results are categorized as surface, matching, and deep type of mental models. It is found that the phenomenon-based ADI accompanied formative assessment affect significantly on the mental models of students with an *effect size* of 1.86. It is also revealed that the improvement of students' mental models is low category with an *N-gain* of 0.2.

**Abstrak:** Tujuan penelitian adalah mendeskripsikan model mental siswa dalam pembelajaran *Argument Driven Inquiry* (ADI) berbasis fenomena disertai penilaian formatif. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif dengan *mixed method* desain *embedded experimental model*. Subjek penelitian X IPA-1 dengan 26 siswa di SMAN 1 Pademawu. Instrumen penelitian berupa enam soal uraian. Data penelitian dianalisis dengan menggunakan *t-paired test*, *N-gain*, dan *effect size*. Hasil penelitian dikategorikan dalam tiga tipe model mental *surface*, *matching*, dan *deep*. Hasil penelitian didapatkan bahwa ADI berbasis fenomena disertai penilaian formatif berpengaruh kuat terhadap model mental siswa dengan nilai *effect size* 1.86. Selain itu diperoleh informasi bahwa peningkatan model mental siswa dalam kategori rendah dengan nilai *N-gain* 0.2.

---

### Alamat Korespondensi:

Parno  
Pendidikan Fisika  
Universitas Negeri Malang  
Jalan Semarang 5 Malang  
E-mail: [parno.fmipa@um.ac.id](mailto:parno.fmipa@um.ac.id)

Hukum Newton merupakan topik fundamental yang dianggap sulit oleh siswa. Siswa merasa kesulitan untuk memahami konsep Hukum Newton seperti pada Hukum I Newton ketika benda diam, siswa menganggap bahwa gaya gravitasi selalu bekerja pada benda, tetapi tidak memahami adanya gaya normal (Aviani, Erceg, Mešić, 2015). Kesulitan lain yang sering dialami siswa, seperti pada hukum II Newton adalah mengaitkan gaya resultan, kecepatan, dan percepatan (Rosenblatt and Heckler, 2011), menentukan besar dan arah percepatan benda (Sutopo, Liliyasi, Waldrip, & Rusdiana, 2012), mendefinisikan dan memahami rumusan  $\sum \vec{F} = 0$ , mengidentifikasi gaya menggunakan diagram benda bebas, dan memahami gaya aksi dan reaksi (Sari, Parno, Taufiq, 2018). Faktor-faktor yang memengaruhi model mental siswa yang beragam dapat dikelompokkan menjadi lima yaitu: penjelasan guru, bahasa dan kata-kata, pengalaman hidup sehari-hari, lingkungan sosial, serta hubungan sebab-akibat dan intuisi (Lin and Chiu, 2007). Siswa membuat model mental mereka sendiri ketika mereka belajar dan mencoba untuk memahami pengetahuan ilmiah selama proses pembelajaran (Chittleborough et al., 2005). Salah satu cara mendapatkan informasi model mental siswa dengan cara melakukan evaluasi terhadap kemampuan siswa. Salah satu cara evaluasinya yaitu dengan mengevaluasi konsep yang dibangun siswa, dapat dilakukan menggunakan soal-soal yang dapat mengukur kemampuan siswa (Corpuz and Rebello, 2011; Johnson-Laird, 2013). Hasil yang didapat dianalisis menggunakan tipe model mental SMD, yaitu

*surface* (permukaan), *matching* (pencocokan), dan *deep* (mendalam) (Ifenthaler et al., 2008). Model mental yang mencapai tingkat yang tinggi masih sangat kecil (Kantarinata et al., 2017). Mereka melaporkan hasil penelitian model mental siswa materi suhu dan kalor melalui *experiential learning*, hasilnya menyatakan bahwa 24% siswa memiliki kemampuan tipe *Surface*, 68% tipe *Matching*, dan 8% tipe *Deep*. Laporan lain menunjukkan bahwa model mental siswa pada materi fluida statis dengan pembelajaran *experiential learning* hanya empat siswa kategori *deep* (Purnamasari 2018).

Model pembelajaran *experiential learning* adalah model pembelajaran yang berdasarkan pengalaman, yang mencapai tingkat model mental tinggi masih tergolong sangat kecil. Tampak bahwa diperlukan model pembelajaran yang lebih tepat. Sementara itu, model mental siswa pada materi Hukum Newton masih jarang diteliti dan hasilnya belum bagus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model mental siswa berbeda-beda tentang hubungan gaya aksi-reaksi. Divergensi antara lain adalah semakin besar massa, semakin besar gaya dalam fenomena tumbukan; objek yang diam tidak dapat menggerakkan gaya reaksinya; gaya aksi-reaksi dapat saling membatalkan, maka untuk mengatasi model mental tersebut dengan mengintegrasikan siklus pemodelan ke proses pembelajaran (Dinata, 2018). Selain itu, ditemukan bahwa pada konsep gaya dan gerak, mahasiswa menggunakan model mental tentang Hukum II Newton, yaitu *newtonian*, *aristotelian*, dan *hybrid* (itza-ortiz, 2004). Sementara itu pada penelitian Rahayu and Purwanto (2013) ditemukan bahwa sebanyak 47% siswa memiliki model lain dalam menjelaskan materi Hukum II Newton. Tampak bahwa penyelidikan tentang model mental pada hukum Newton belum menggunakan pembelajaran inkuiri.

Salah satu untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan model pembelajaran yang melatih argumentasi dengan tepat. Menurut Hasnunidah (2016) model pembelajaran *Argument Driven Inquiri* pada dasarnya merupakan model pembelajaran inkuiri berbasis laboratorium yang dikembangkan dengan argumentasi ilmiah. Pada tahap model pembelajaran ADI ada tahapan identifikasi tugas mengenai topik yang akan dipelajari melalui pertanyaan-pertanyaan. Hal ini secara tidak langsung akan menggali model mental siswa (Askell-Williams et al., 2007). Model *Argument-Driven Inquiry* dapat meningkatkan penguasaan konsep siswa, membantu siswa dalam memahami sebuah konten pembelajaran. Pemahaman konten yang mendalam akan berpengaruh terhadap model mental siswa (Glick et al., 2012). Penerapan model pembelajaran *Argument Driven Inquiry* secara signifikan dapat meningkatkan penguasaan konsep siswa dibandingkan pembelajaran dengan *inquiry* terbimbing Andriani (2018). Selain itu, Kurniasari (2017) menunjukkan bahwa hasil penelitian keterlaksanaan pembelajaran *Argument Driven Inquiri* terlaksana dengan sangat baik karena kemampuan argumentasi ilmiah siswa mampu mencapai level 4 untuk indikator memberikan gagasan (*claim*) dengan persentase 21,9% siswa. Penelitian Priyadi (2020) menyatakan bahwa model mental siswa meningkat dengan pembelajaran ADI dari pada pembelajaran konvensional. Tampak bahwa penelitian yang menggunakan model *Argument Driven Inquiri* sudah dilakukan, tetapi penelitian yang menggunakan *Argument-Driven Inquiry* berbasis fenomena masih jarang dilakukan. Penelitian berbasis fenomena dilakukan oleh Pareken (2015) hasil analisis deskriptif diperoleh bahwa skor keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik yang belajar menggunakan model pembelajaran berbasis fenomena berada pada kategori tinggi, sedangkan yang menggunakan model pembelajaran konvensional berada pada kategori sedang. Oleh dari itu, dengan menggunakan model pembelajaran berbasis fenomena diharapkan dapat meningkatkan model mental siswa.

Selain dengan model pembelajaran tersebut perlu juga dilakukan Penilaian formatif karena dapat digunakan untuk mengetahui perkembangan siswa dan kemajuan proses belajar mengajar. Penilaian formatif membantu siswa dalam belajar dan menemukan cara terbaik dalam belajar (Sadler, 1989; Isaacs, 2013). Penilaian formatif dilakukan pada sebelum pembelajaran, selama pembelajaran dan akhir pembelajaran (Box, 2019). Penilaian formatif juga memiliki pengaruh pada pembelajaran berbasis praktik (Furtak, dkk., 2008; Yin et al., 2014), berbasis diskusi (Yin et al., 2014), serta pembelajaran yang menggunakan sistem refleksi (Furtak, dkk., 2008). Pembelajaran berbasis praktik, diskusi, dan sistem refleksi merupakan karakteristik pembelajaran ADI. Kemampuan Pemecahan Masalah dan Argumentasi Ilmiah siswa setelah belajar dengan menggunakan *Argument Driven Inquiry* dengan penilaian formatif terintegrasi mengalami peningkatan Dady (2017). Namun, sejauh ini belum ditemukan penelitian dengan menggunakan model pembelajaran *Argument Driven Inquiri* berbasis fenomena disertai penilaian formatif dalam mengungkap model mental siswa. Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pembelajaran ADI berbasis fenomena disertai penilaian formatif, pada materi Hukum Newton untuk mendeskripsikan model mental siswa.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode *mixed method* dengan desain *embedded experimental* yang dikembangkan oleh Creswell & Clark (2007). Subjek penelitian berjumlah 26 siswa (12 laki-laki dan 14 perempuan) kelas X IPA-1 di SMAN 1 Pademawu, Pamekasan. Penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2019/2020 pada materi Hukum Newton. Model ADI memiliki sintak (langkah-langkah) dalam pelaksanaannya. Penelitian ini menggunakan sintak *Argument Driven Inquiri* yang telah dikembangkan oleh Hasnunidah (2016), yaitu (1) identifikasi tugas; (2) pengumpulan data; (3) produksi argumen tentatif; (4) sesi interaktif argumentasi; (5) penyusunan laporan penyelidikan tertulis; (6) proses revisi laporan; (7) diskusi reflektif. Pada pendekatan berbasis fenomena, pertanyaan dan topik yang dipelajari berdasarkan pada fenomena yang ada di dunia nyata, informasi dan kemampuan yang dimiliki siswa dapat diterapkan dalam pembelajaran dikelas maupun diluar kelas untuk menyelesaikan persoalan yang ada dalam kehidupan sehari-hari (Silander, 2015). Terdapat lima dimensi dalam pendekatan berbasis fenomena menurut Silander, (2015), yaitu *holisticity*, *authenticity*, *contextuality*, *problem based inquiry*

learning, Learning process. Strategi untuk *assessment formative* terdiri atas *developing classroom talk and questioning, giving appropriate feedback, sharing criteria with learners, self assessment and peer assessment*, dan *thoughtful and active learners* (James, 2017). Tabel 1 merupakan langkah-langkah model pembelajaran yang telah penulis gabungkan dari pembelajaran *Argument-Driven Inquiry* (Hasnunidah, 2016), berbasis fenomena (Silander, 2015), dan penilaian formatif (James, 2017).

**Tabel 1. Argument Driven Inquiry (ADI) Berbasis Fenomena Disertai Penilaian Formatif**

No	Langkah ADI Berbasis Fenomena	Kegiatan	Penilaian Formatif
1	Identifikasi tugas berbasis <i>Holisticity</i>	Guru <i>mengorganisasi siswa ke dalam kelompok</i> , memberikan tugas dan <i>pertanyaan tentang fenomena</i> dalam kehidupan sehari-hari untuk dipelajari siswa.	Awal Pembelajaran Key 1: <i>Developing Classroom Talk and Questioning</i> Key 3: <i>Sharing Criteria with Learners</i>
2	Pengumpulan dan analisis data berbasis <i>Authenticity</i>	Berdasarkan fenomena, setiap kelompok mengembangkan <i>metode pengumpulan data</i> dilakukan di lingkungan nyata dan menganalisis data <i>menggunakan sumber yang ada pada kehidupan sehari-hari</i> .	
3	Membuat argumen sementara berbasis <i>Contextuality</i>	Berdasarkan fenomena dalam kehidupan sehari-hari, setiap kelompok <i>membuat argumen dan menuliskannya sehingga terbentuk penjelasan pengetahuan sistematis</i> .	
4	Mengutarakan argumen	Kelompok berbagi argumen dengan kelompok lain, sedangkan kelompok lain mengajukan pertanyaan dan memberikan kritik.	
5	Membuat laporan penyelidikan berbasis <i>Problem based inquiry learning</i>	<i>Setiap siswa menulis laporan individu sesuai dengan data dan hasil yang diperoleh selama proses penyelidikan dilakukan dengan diskusi kelompok</i> . Laporan yang ditulis mencakup, hipotesis, tujuan, metode, dan argumen.	Selama Pembelajaran Key 2 : <i>Giving Appropriate Feedback</i>
6	Revisi laporan	Revisi laporan dilakukan setelah dievaluasi oleh teman sebaya atau <i>peer review</i> .	Selama Pembelajaran Key 4 : <i>Self assessment and Peer assessment</i>
7	Diskusi eksplisit dan reflektif berbasis <i>Learning process</i>	Guru dan siswa melakukan diskusi bersama untuk membahas temuan penyelidikan. <i>Guru memberikan tugas belajar lanjutan untuk mengembangkan pemikiran siswa terhadap pengetahuan yang sudah dimiliki dan menemukan sesuatu yang baru</i> .	Akhir Pembelajaran Key 5 : <i>Thoughtful and Active Learners</i>

**Tabel 2. Indikator Soal Model Mental**

Nomor Butir Soal	Indikator Tes Diagnostis Model Mental	Indikator Butir Soal
1	Menyelesaikan permasalahan sederhana dan prediktif Hukum I Newton ( <i>surface, matching, deep</i> )	Diberikan percobaan seperti gambar, siswa dapat menyelesaikannya dengan hukum I newton
2		Diberikan permasalahan timba berisi pasir yang digantung dengan tali, siswa dapat menyelesaikannya dengan hukum I newton
3	Menyelesaikan permasalahan sederhana dan prediktif Hukum II Newton ( <i>surface, matching, deep</i> )	Disajikan permasalahan bidang miring dengan sudutnya, siswa dapat menyelesaikannya dengan Hukum II Newton
4		Disajikan permasalahan truk yang bergerak kemudian mengerem, siswa dapat menyelesaikannya dengan Hukum II Newton
5	Menyelesaikan permasalahan sederhana dan prediktif Hukum III Newton ( <i>surface, matching, deep</i> )	Diberikan permasalahan anak bermain tarik tambang, siswa dapat menyelesaikannya dengan hukum III Newton
6		Diberikan permasalahan benda pada bidang datar, siswa dapat menyelesaikannya dengan hukum III Newton

Instrumen penelitian ini adalah Tes Model Mental Hukum Newton yang berbentuk uraian terdiri atas enam butir soal. Butir soal model mental telah diuji empiris kepada 87 siswa kelas XII IPA, dengan nilai validitas rata-rata di atas 0,68 dan reliabilitas sebesar 0,88. Pengambilan data dilakukan sebelum dan setelah perlakuan dengan menggunakan model ADDIE berbasis fenomena disertai penilaian formatif. Setiap satu nomor soal, memiliki skor maksimum 3 jika siswa mampu menjawab semua benar dari tiga pertanyaan bertingkat. Setiap soal memiliki skor maksimum tiga, jika siswa mampu menjawab benar semua pertanyaan bertingkat yang diberikan. Hasil jawaban siswa akan dikategorikan dalam kategori model mental SMD, yaitu *surface, matching, dan deep* (Ifenthaler et al., 2008). Jika siswa mampu menjawab pertanyaan ke a berarti siswa tersebut masuk kategori model mental tipe *surface*, yaitu menjawab benar namun tidak dapat memberikan alasan. Kategori *matching* apabila siswa mampu mengerjakan pertanyaan a dan b yang berarti siswa tersebut menjawab benar dengan memberikan alasan yang benar. Selanjutnya, kategori terakhir adalah *deep* ketika siswa dapat mengerjakan pertanyaan a, b, dan c dengan benar yang berarti siswa mampu menjawab benar dengan memberikan alasan yang benar, dan dapat menjawab soal-soal prediktif. Untuk mengetahui peningkatan skor *pretest* dan *posttest*, data dianalisis dengan uji- *t* berpasangan. Kemudian dianalisis secara kuantitatif dengan *effect size* untuk mengetahui seberapa besar model mental siswa dipengaruhi oleh model pembelajaran yang

diterapkan. Selanjutnya, analisis untuk mengetahui besar peningkatan model mental siswa setelah diberikan perlakuan digunakan analisis *N-gain*. Indikator soal model mental disajikan pada tabel 2 yang telah dikembangkan oleh penulis.

### HASIL

Deskripsi statistik skor *pretest* dan *posttest* model mental siswa disajikan pada tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Uji Statistik Model Mental Siswa**

Uji Statistik		Nilai	Keterangan
Rata-rata	Pre-test	0.115	-
	Post-test	4.57	-
Standar Deviasi	Pre-test	0.325	-
	Post-test	4.45	-
Shapiro-Wilk	Pre-test	0.376	Tidak berdistribusi normal
	Post-test	0.845	Tidak berdistribusi normal
Wilcoxon Signed Rank test		0.00	Signifikan
N-gain		0.249	Rendah
Effect size		1.866	Kuat

Dari tabel 3 di atas hasil uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk diperoleh nilai SW (26) = 0,361;  $p < 0,05$  untuk data pretes dan SW (26) = 0,830;  $p < 0,05$  untuk data postes, maka dapat dinyatakan bahwa data pretes dan posttest tidak berdistribusi normal sehingga digunakan uji statistik nonparametrik. Setelah diketahui hasil distribusi data maka untuk analisis selanjutnya dilakukan dengan *Wincoxon Signed Rank* test dan *N-gain*. Uji beda berpasangan *Wincoxon Signed Rank* test dilakukan dengan menggunakan SPSS menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara nilai pretes dan posttest model mental siswa. Peningkatan model mental tersebut berada pada kategori rendah didapatkan melalui analisis *N-gain* dengan rerata 0.249 (Hake, 1998). Kekuatan pembelajaran yang digunakan terhadap model mental siswa termasuk dalam kategori kuat (Morgan, 2004) dengan nilai *effect size* 1.866.

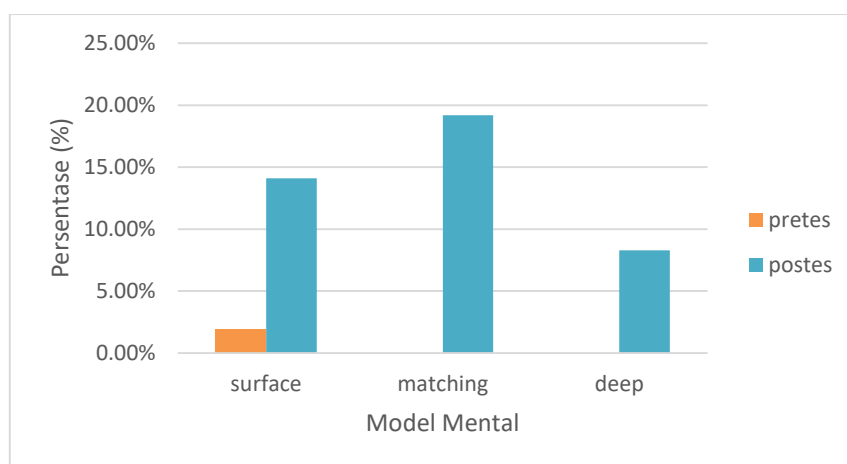
Setelah melalui pembelajaran model mental siswa mengalami peningkatan dari pretes ke postes. Sebelum intervensi, tiga siswa masuk dalam kategori *surface* dan 23 siswa tidak dapat dikategorikan ke dalam SMD. Persentase pengkategorian model mental siswa sebelum dan setelah intervensi pada tiap butir soal tampak pada tabel 4.

**Tabel 4. Persentase Setiap Kategori Model Mental Pada Tiap Butir Soal**

Model Mental	Soal Nomor				Rata-rata (%)		Soal Nomor				Rata-rata (%)		Soal Nomor				Rata-rata (%)	
	1		2				3		4				5		6			
	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos
Surface	12	35	0	27	6	31	0	19	0	4	0	12	0	0	0	0	0	0
Matching	0	15	0	0	0	8	0	23	0	23	0	23	0	19	0	35	0	27
Deep	0	38	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	6

Sesudah intervensi yang didapatkan dari hasil postes diketahui bahwa pada tiap butir soal siswa mengalami kenaikan dari yang awalnya tidak dapat dikategorikan dan *surface* menjadi *matching* dan *deep*. Pada butir soal I model mental siswa pada kategori *surface* sebanyak sembilan siswa, *matching* sebanyak empat siswa, dan *deep* sebanyak 10 siswa. Pada butir soal II dimana pada pretes 26 siswa tidak dapat dikategorikan model mentalnya meningkat ke *surface* (7 siswa). Pada butir soal III pretes 26 siswa tidak dapat dikategorikan model mentalnya meningkat ke level *surface* (5 siswa) dan *matching* (6 siswa). Pada butir soal IV dimana pada pretes 26 siswa tidak dapat dikategorikan model mentalnya meningkat ke level *surface* (1 siswa) dan *matching* (6 siswa). Pada butir soal V pretes 26 siswa tidak dapat dikategorikan model mentalnya meningkat ke level *matching* (5 siswa) dan *deep* (3 siswa). Pada butir soal VI dimana pada pretes 26 siswa tidak dapat dikategorikan model mentalnya meningkat ke level *matching* (9 siswa).

Hasil postes rata-rata dari soal Hukum I Newton seperti butir soal I dan II didapatkan 31% siswa pada kategori *surface*, 8% siswa pada kategori *matching*, dan 19% siswa pada kategori *deep*. Soal Hukum II Newton pada butir soal III dan IV didapatkan rata-rata 12% siswa kategori *surface* dan 23% siswa kategori *matching*. Pada butir soal V dan VI yang soalnya Hukum III Newton didapatkan 27% siswa dengan kategori *matching* dan 6% dengan kategori *deep*, sedangkan dilihat dari rata-rata model mental siswa pada seluruh butir soal dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1. Persentase Setiap Kategori Model Mental Siswa**

Dari gambar 1 didapatkan bahwa model mental siswa saat pretes pada kategori surface dengan persentase 1.9%. Pada saat postes model mental siswa pada kategori surface sebanyak 14.1%, pada kategori matching sebanyak 19.2%, dan pada kategori deep sebanyak 8.3%. Seperti penelitian Batlolona (2020) hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai pretes model mental siswa sebagian besar dikategorikan dalam level *matching*, *surface*, dan beberapa siswa bahkan tidak menjawab pertanyaan. Setelah postes level model mental siswa meningkat pada kategori *deep* (Batlolona, 2020).

Didapatkan nilai *effect size* sebesar 1.86 dengan kategori kuat. Disimpulkan bahwa pembelajaran *argument driven inquiry* berbasis fenomena disertai penilaian formatif terhadap model mental siswa memiliki pengaruh yang kuat. Selanjutnya, untuk mengetahui seberapa besar peningkatan model mental siswa sebelum dan setelah intervensi, maka dilakukan analisis *N-gain* yang didapatkan nilai sebesar 0,25 menunjukkan pada kategori rendah.

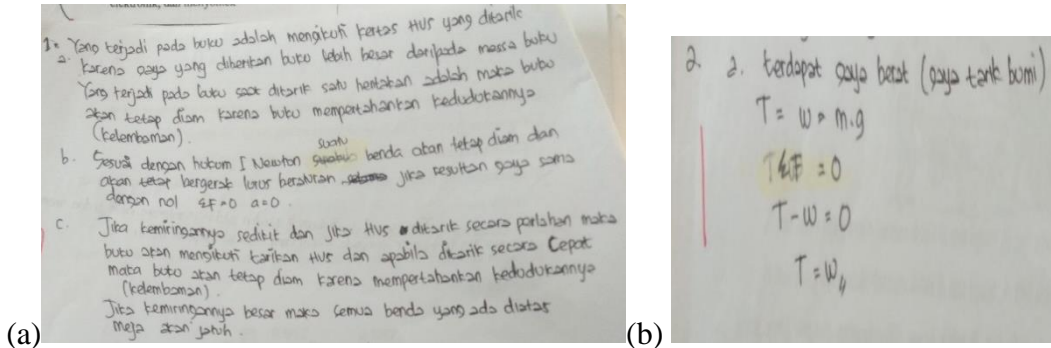
### PEMBAHASAN

Didapatkan nilai *effect size* sebesar 1.86 dengan kategori kuat. Disimpulkan bahwa pembelajaran *Argument Driven Inquiry* (ADI) berbasis fenomena disertai penilaian formatif terhadap model mental siswa memiliki pengaruh yang kuat. Hasil ini mirip yang dilaporkan oleh Priyadi (2020) menyatakan bahwa model mental siswa dengan pembelajaran ADI meningkat sebanyak 23 siswa (69,7%), sementara dengan pembelajaran konvensional meningkat hanya enam siswa (22,2%). Selanjutnya, untuk mengetahui seberapa besar peningkatan model mental siswa sebelum dan setelah intervensi, maka dilakukan analisis *N-gain* yang didapatkan nilai sebesar 0,25 menunjukkan pada kategori rendah.

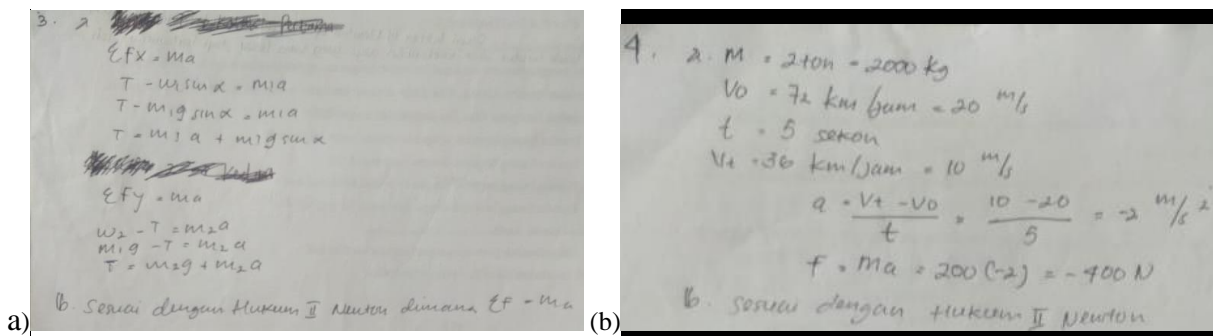
Dari hasil penelitian pada butir soal I siswa sudah dapat memahami konsep Hukum I Newton dengan menjawab soal bertingkat a, b, c, namun pada butir soal II siswa hanya dapat menjawab yang "a" saja. Hal itu dikarenakan siswa masih belum benar-benar memahami konsep dan maksud dari rumus Hukum I Newton dalam mengaitkannya dengan kehidupan sehari-hari dan pada butir soal II banyak siswa yang tidak memahami cara mengidentifikasi gaya-gaya yang bekerja pada benda. Sehingga, pada butir soal II hanya ada tujuh siswa yang berada pada kategori *surface*, dengan menjawab soal yang "a", sedangkan siswa masih kesulitan menjelaskan mengenai konsep Hukum I Newton karena tidak dapat menjawab soal "b". Hal ini senada dengan penelitian yang sudah dilakukan, dimana siswa mengalami kesulitan mengidentifikasi gaya-gaya pada suatu benda dalam keadaan diam atau bergerak dengan percepatan tertentu dan siswa mengalami kesulitan dalam membuat suatu representasi baik matematis maupun gambar tentang gaya dan gerak (David & Etnika, 2009; Serap, 2016; Nguyen and Rebello, 2011; Kohl and Finkelstein, 2008; Ronald, 2009; Azita and Cesar, 2015). Hasil jawaban soal hukum I Newton pada soal butir I dan II ditunjukkan pada gambar 2.

Pada soal III dan IV tentang Hukum II Newton, butir soal III dan IV model mental siswa meningkat dikategori *surface* dan *matching* dimana siswa dapat menjawab benar a dan b. Hal ini disebabkan karena siswa kesulitan dalam mengidentifikasi gaya dan menerapkan rumus. Seperti penelitian Rosenblatt and Heckler (2011) siswa kesulitan pada hukum II Newton adalah mengaitkan gaya resultan, kecepatan, dan percepatan. Laporan lain yang mendukung bahwa masih banyak siswa mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi jenis-jenis gaya, kesalahan dalam menjawab pertanyaan tentang gaya dan gerak, miskonsepsi, dan merepresentasikan konsep atau kalimat dalam bentuk bahasa matematis, grafik, diagram, dan lain sebagainya (Turken, 2005; Kohl & Friskelstein, 2008; David & Etkina, 2009; Ronald, 2009; Pablico, 2010; Nguyen, 2011; Docktor, 2014; Azita dan Cesar, 2015; Serap, 2016), serta menentukan besar dan arah percepatan benda (Sutopo, Liliasari, Waldrip, & Rusdiana, 2012). Hasil jawaban soal Hukum II Newton pada soal butir III dan IV ditunjukkan pada gambar 3.

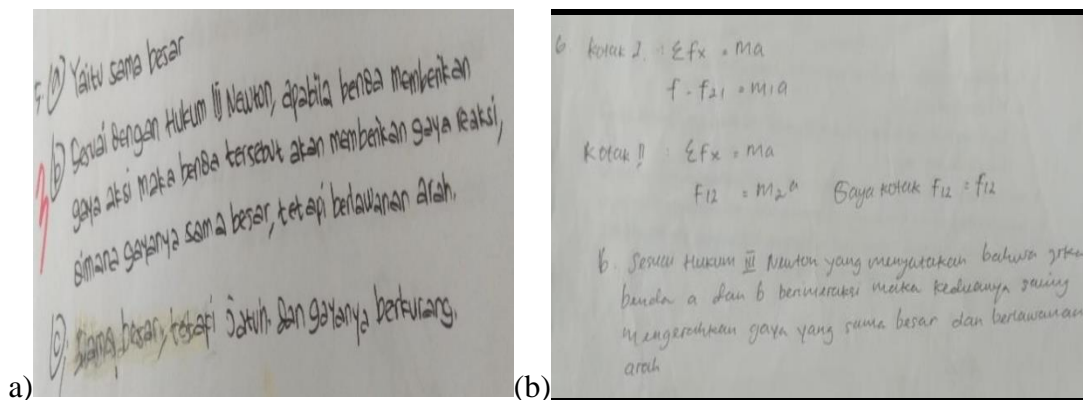
Pada soal V dan VI tentang Hukum III Newton, butir soal V dan VI model mental siswa meningkat ke kategori *matching* dan *deep*. Kesulitan siswa pada butir soal V dan VI adalah dalam hal perhitungan, mengidentifikasi gaya menggunakan diagram bebas, konsep aksi-reaksi. Hal ini seperti dengan penelitian Zhou dkk (2015) bahwa siswa kesulitan dalam menentukan pasangan gaya aksi reaksi pada keadaan yang melibatkan intreraksi gaya gravitasi. Hasil jawaban soal Hukum III Newton ada soal butir V dan VI ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 2. (a) Jawaban salah satu siswa soal butir 1, (b) butir 2



Gambar 3 (a) Jawaban Salah Satu Siswa Soal Butir 3, (b) butir 4



Gambar 4 (a) Jawaban salah satu siswa soal butir 5, (b) butir 6

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa model mental siswa pada materi Hukum Newton mengalami perubahan setelah pembelajaran ADI berbasis fenomena disertai penilaian formatif. Hal tersebut terlihat dari hasil pretes dan postes siswa. Ketika dilakukan pretes kepada siswa, hasil menunjukkan bahwa 1.9% siswa pada kategori *surface*. Persentase siswa pada semua soal meningkat pada saat postes dimana 14.1% siswa pada kategori *surface*, 19.2% siswa kategori *matching*, dan 8% siswa pada kategori *deep*. Senada dengan penelitian Kantarinata (2017) yang menyatakan model mental siswa materi suhu dan kalor melalui *experiential learning*, hasilnya menyatakan bahwa 24% siswa memiliki kemampuan tipe *Surface*, 68% tipe *Matching*, dan 8% tipe *Deep*. Laporan lain menunjukkan bahwa model mental siswa pada materi fluida statis dengan pembelajaran *experiential learning* hanya empat siswa kategori *deep* (Purnamasari 2018). Sebanyak 15 siswa masuk dalam

kategori *surface* dan tidak siswa tidak ada kategori. Pada butir soal I dan II tentang Hukum I Newton, butir soal I model mental siswa meningkat ke kategori *deep* namun pada butir soal II model mental siswa hanya dikategori *surface*.

Dari penelitian yang telah dilakukan, secara keseluruhan pada materi Hukum Newton saat pretes siswa pada kategori *surface*, berubah ke model mental *surface*, *matching*, dan *deep* saat postes. Hal ini senada dengan penelitian Ozcan and Bezen (2016) menyatakan bahwa siswa mengalami perubahan model mental dari model *surface* menjadi model mental *matching* dan *deep*. Hal ini dikarenakan dari pengalaman siswa, sesuai dengan hasil penelitian (Rahayu dan Purwanto, 2013) yang menjelaskan bahwa model mental siswa dipengaruhi beberapa faktor salah satunya yaitu pengalaman. Salah satu faktor yang penting untuk membentuk model mental adalah pengalaman.

Peningkatan model mental siswa tidak terlepas dari model pembelajaran *Argument Driven Inquiri* berbasis fenomena disertai penilaian formatif yang telah diterapkan, meskipun ada faktor-faktor lain yang mungkin juga memengaruhi hasil dari model mental siswa setelah intervensi, seperti daya ingat siswa. Pada tahap model pembelajaran *Argument Driven Inquiri* ada tahapan identifikasi tugas mengenai topik yang akan dipelajari melalui pertanyaan-pertanyaan, hal ini secara tidak langsung akan menggali model mental siswa (Askell-Williams et al., 2007). Selain itu, investigasi yang didorong oleh argumen dalam pembelajaran akan melibatkan model mental siswa (Kim dan Hannafin, 2016). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pembelajaran *Argument Driven Inquiri* dapat meningkatkan pemahaman siswa (Walker dkk, 2012).

### SIMPULAN

Hasil yang didapatkan dalam penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran *Argument Driven Inquiri* berbasis fenomena disertai penilaian formatif memberikan pengaruh terhadap model mental siswa pada materi Hukum Newton. Didapatkan hasil uji beda berpasangan *Wincxon Signed Rank test* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara nilai pretes dan postes model mental siswa. Adapun melalui analisis N-gain diperoleh rerata 0.249 dan nilai *effect size* 1.866. Hasil postes siswa perbutir soal yaitu Pada butir soal I model metal siswa pada kategori *surface* sebanyak sembilan siswa, *matching* sebanyak empat siswa, dan *deep* sebanyak 10 siswa. Pada butir soal II dimana model mental siswa pada kategori *surface* (7 siswa), pada butir soal III dimana model mental siswa *surface* (5 siswa) dan *matching* (6 siswa). Pada butir soal IV dimana model mental siswa pada kategori *surface* (1 siswa) dan *matching* (6 siswa). Pada butir soal V dimana model mental siswa pada kategori *matching* (5 siswa) dan *deep* (3 siswa). Pada butir soal VI dimana model mental siswa pada kategori *matching* (9 siswa). Pada materi Hukum newton model mental siswa berada pada kategori *surface* sebesar 1.9%. Setelah intervensi, model mental siswa pada kategori *surface* sebanyak 14.1%, *matching* sebanyak 19.2%, dan pada kategori *deep* sebanyak 8.3% dengan menggunakan pembelajaran *Argument Driven Inquiri* berbasis fenomena disertai penilaian formatif. Meskipun model mental siswa menunjukkan peningkatan setelah diberikan pembelajaran *Argument Driven Inquiri* berbasis fenomena disertai penilaian formatif. Penelitian ini merekomendasikan kepada peneliti atau pendidik di masa depan harus fokus pada bagaimana meningkatkan konsep fisika siswa pada makroskopis dan tingkat mikroskopis, serta fokus pada peningkatan model mental siswa.

### DAFTAR RUJUKAN

- Askell-Williams, H., Murray-Harvey, R., Lawson, M. J. (2007). Teacher Education Students' Reflections on How Problem-Based Learning has Changed their Mental Models about Teaching and Learning. *Teaching Education*, 42, 237–263. <https://doi.org/10.1080/08878730709555406>
- Azita Seyed., Fadaei., & Cesar, M. (2015). An Investigation About Misconception in Force and Motion in High School. *USchina Education Review*, 5(1), 38–45.
- Aviani, I., Erceg, N., Mešić, V. (2015). Drawing and Using Free Body Diagrams: Why it May be Better Not to Decompose Forces. *Physical Review Physics Education Research*, 11(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.020137>
- Batlolona, J. R., Diantoro, M., Wartono., Leasa, M. (2020). Students' Mental Models of Solid Elasticity: Mixed Method Study. *Journal of Turkish Science Education*, 17(2), 200-210. doi: 10.36681/tused.2020.21
- Box, C. (2019). *Formative Assessment in United States Classrooms: Changing the Landscape of Teaching and Learning*. Switzerland: Springer.
- Chittleborough, G. D., Treagust, D. F., Mamiala, T. L., Mocerino, M. (2005). Students' Perceptions of the Role of Models in The Process of Science and in The Process of Learning. *Research in Science & Technological Education*, 23(2), 195–212. <https://doi.org/10.1080/02635140500266484>
- Corpuz, E. D., & Rebello, N.S. (2011). Investigating Students' Mental Models and Knowledge Construction of Microscopic Friction II Implications for Curriculum Design and Development. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 7(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.7.020103>
- Docktor, J.L., & Mestre, J. P. (2014). Synthesis of Discipline-Based Education Research in Physics. *Physical Review Physics Education Research*, 10(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020119>
- Furtak, E. M. Ruiz-Primo, M. A. Shemwell, J. T. Ayala, C. C. Brandon, P. R. Shavelson, R. J., & Yin, Y. (2008). On the Fidelity of Implementing Embedded Formative Assessments and Its Relation to Student Learning. *Applied Measurement in Education*, 21(4), 361-389. <https://doi.org/10.1080/08957340802347852>.

- Glick, M.B., Chermack, T. J., Luckel, H., & Gauck, B.Q. (2012). Effects of Scenario Planning on Participant Mental Models. *European Journal of Training and Development*, 36(5), 488-507 <https://doi.org/10.1108/03090591211232066>
- Hasnunidah, N. (2016). *Pengaruh Argument Driven Inquiry dengan Scaffolding terhadap Keterampilan Argumentasi dan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemahaman Konsep Biologi Dasar Mahasiswa Jurusan Pendidikan MIPA Universitas Lampung*. Disertasi tidak diterbitkan. Universitas Negeri Malang.
- Ifenthaler, D., Pirnay-Dummer, P., & Spector, J. M. (2008). *Understanding Models for Learning and Instruction*. New York: Springer Science & Business Media, LLC.
- Itza-Ortiz, S. F., Rebello, S., & Zollman, D. (2004). Students' Models of Newton's Second Law in Mechanics and Electromagnetism. *European Journal of Physics*, 25(1), 81-89. DOI:10.1088/0143-0807/25/1/011
- James, M. (2017). Embedding Formative Assessment in Classroom Practice, in: Maclean, R. (Ed.), *Life in Schools and Classrooms*. Springer Singapore, Singapore, pp. 509-525. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-3654-5\\_31](https://doi.org/10.1007/978-981-10-3654-5_31)
- Johnson-Laird, P. N. (2013). Mental Models and Cognitive Change. *Journal of Cognitive Psychology*, 25(2), 131-138. DOI:10.1080/20445911.2012. 759935
- Kohl, P. B., & Finkelstein, N. D. (2008). Patterns of Multiple Representation Use by Experts and Novices During Physics Problem Solving. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.4.010111>
- Kurniasari, I. S., & Setyarsih, W. (2017). Penerapan Model Pembelajaran Argument Driven Inquiry (ADI) untuk Melatihkan Kemampuan Argumentasi Ilmiah Siswa pada Materi Usaha dan Energi. *Inovasi Pendidikan Fisika*, 6(3), 171-174.
- Kim, S. M., & Hannafin, M. J. (2016). Synergies: Effects of Source Representation and Goal Instructions on Evidence Quality, Reasoning, and Conceptual Integration during Argumentation-Driven Inquiry. *Instructional Science*, 44(5), 441-476. <https://doi.org/10.1007/s11251-016-9381-1>
- Lin, J., & Chiu, M. (2007). Exploring the Characteristics and Diverse Sources of Students' Mental Models of Acids and Bases. *International Journal of Science Education*, 29(6), 771-803. <https://doi.org/10.1080/09500690600855559>
- Morgan, G. A., Nancy. L. L., Gene. W. G., Karen. C. B. (2004). *SPSS for Introductory Statistics Use and Interpretation Second Edition*. Lawrence Erlbaum Associates: New Jersey. <https://doi.org/10.4324/9781410610539>
- Ozcan, O., & Bezen, S. (2016). Students' Mental Models About the Relationship Between Force and Velocity Conce. *Journal of Baltic Science Education*, 15(6), 630-641.
- Purnamasari, I., Yuliaty, L., & Diantoro, M. (2018). Kemampuan Pemecahan Masalah dan Model Mental Siswa pada Materi Fluida Statis. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 3(10), 1299-1302.
- Pareken, M., Patandean, A. J., & Palloan, P. (2015). Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Fenomena Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas X SMA Negeri 2 Rantepao Kabupaten Toraja Utara. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 11(3), 214-221.
- Priyadi, R., Diantoro, M., Parno., & Taqwa, M. R. A. (2020). Using Argument-Driven Inquiry Learning to Improve Students' Mental Models. Presented at the 28<sup>th</sup> Russian Conference on Mathematical Modelling in Natural Sciences, Perm, Russia, p. 050011. <https://doi.org/10.1063/5.0000569>
- Pablico, J. R. (2010). Misconceptions on Force and Gravity among High School Student. Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.
- Rahayu, S., & Purwanto, J. (2013). Identifikasi Model Mental Siswa SMA Kelas X pada Materi Hukum Newton tentang Gerak. *KAUNIA Journal*, 9(2), 12-20.
- Rosenblatt, R., & Heckler, A. F. (2011). Systematic Study of Student Understanding of the Relationships Between the Directions of Force, Velocity, and Acceleration in One Dimension. *Physical Review Special Topics-physics Education Research*. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.7.020112>
- Sutopo., Liliasari., Waldrip, B., & Rusdiana, D. (2012). The Need of Representation Approach to Provide Prospective Physics Teacher with Better Reasoning Ability and Conceptual Understanding. Surabaya: *5<sup>th</sup> International Seminar of Science Education*.
- Sari, A. L. R., Parno., & Taufiq, A. (2018). Pemahaman Konsep dan Kesulitan Siswa SMA pada Materi Hukum Newton. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 3(10), 1323-1330.
- Yin, Y., Tomita, M. K., & Shavelson, R. J. (2014). Using Formal Embedded Formative Assessments Aligned with a Short-Term Learning Progression to Promote Conceptual Change and Achievement in Science. *International Journal of Science Education*, 36(4). <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.787556>
- Walker, J. P., Sampson, V., Grooms, J., Anderson, B., & Zimmerman, C. O. (2012). Argument-Driven Inquiry in Undergraduate Chemistry Labs: The Impact on Students' Conceptual Understanding, Argument Skills, and Attitudes Toward Science. *Journal of College Science Teaching*, 41(4), 82.
- Zhou, S., Zhang, C., & Xiao, H. (2015). Students' Understanding on Newton's Third Law in Identifying the Reaction Force in Gravity Interactions. *Eurasia Journal of Mathematics, Science, & Technology Education*, 11(3), 589-599 <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1337a>