

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN KERANGKA BERPIKIR

A. Kajian Pustaka

1. Lima Domain Sains dalam *Taxonomy* Untuk Pendidikan Sains

Lima domain sains dalam *a new "Taxonomi for Science Education"* (Prasetyo, Romadoni, Sumarah, Ngazizah, Diliyani, & Wibowo, W.S., 2011: 369-370), sebagai arah pengembangan program pendidikan sains. Lima domain sains penting dalam membantu siswa menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan sains. Terkait hal tersebut kebijakan penggunaan sains oleh siswa tergantung pada karakter, distribusi dan efektivitas pendidikan yang diterima siswa, hal ini diyakini menjadi salah satu ciri siswa yang menghargai kekuatan dan keterbatasan sains dan tahu bagaimana menggunakan pengetahuan sains dan cara berpikir ilmiah.

Pembelajaran dan penilaian yang mendukung lima domain sains mempromosikan kemampuan siswa: 1) terampil dan mampu melaksanakan penyelidikan; 2) mampu menerapkan apa yang telah dipelajari dengan konteks baru; 3) memahami konten dan konseptual; 4) memahami hakikat ilmu. McCormack dan Yager (1995: 24) memandang sains sebagai batang tubuh pengetahuan yang terdiri dari fakta, angka dan teori. Pendidikan sains menekankan pada domain "mengetahui dan memahami" terbatas pada mengembangkan tingkat literasi sains sesuai tuntutan masyarakat dan lingkungan.

Adapun lima domain sains yang diungkap oleh (Prasetyo, Romadoni, Sumarah, Ngazizah, Diliyani, & Wibowo, 2011: 369-370) yaitu 1) *Domain knowing and understanding* (pengetahuan); fakta, konsep, hukum (prinsip-prinsip), beberapa hipotesis dan teori yang digunakan saintis, serta masalah-masalah sains dan sosial; 2) *Domain exploring and discovering*, penggunaan beberapa proses sains untuk belajar bagaimana saintis berpikir dan bekerja; 3) *Domain imaging and creating*, terdiri dari beberapa kemampuan penting yaitu (a) menghasilkan alternatif objek yang tidak biasa digunakan; (b) memecahkan beberapa permasalahan; (c) berfantasi; (d) mendesain beberapa peralatan dan mesin, dan (e) menghasilkan ide-ide luar biasa; 4) *Domain felling and valuing*,

rasa kemanusiaan, nilai-nilai dan keterampilan pengambilan keputusan; dan 5) ***Domain using and applying***, kepekaannya terhadap semua pengalaman yang merupakan pencerminan ide yang telah mereka pelajari dalam sains. Lima domain sains yang diungkap oleh ahli di atas menjadi rujukan peneliti mengembangkan indikator keterampilan berargumentasi untuk pembelajaran fisika pada materi prinsip archimedes. Terkait hal tersebut, lima domain yang dijabarkan hanya empat domain yang akan dikembangkan dalam instrumen penilaian keterampilan berargumentasi yaitu domain ***knowing & understanding, exploring & discovering, imaging & creating***, dan ***using and aplying***.

2. Keterampilan Berargumentasi

a. Definisi Keterampilan Berargumentasi

Keterampilan adalah aktivitas yang memerlukan pelatihan dan pengetahuan khusus. Keterampilan memungkinkan pengetahuan dan kemampuan sebagai prasyarat awal siswa melakukan aktivitas berpikir. Beberapa ahli mendefinisikan keterampilan: 1) Vembriarto (1981: 77) keterampilan (***skill***) mencakup aspek normal ***skill***, intelektual ***skill***, dan sosial ***skill*** (dalam arti luas); 2) Sudjana (1996: 65) sebagai pola aktivitas yang mensyaratkan adanya manipulasi dan koordinasi informasi. Berdasarkan paparan ahli keterampilan yang dimaksud dalam penelitian pengembangan ini didefinisikan sebagai skema aktivitas berpikir. Lebih lanjut dikemukakan bahwa keterampilan dalam penelitian pengembangan ini adalah keterampilan berpikir yang termuat dalam domain sains 1) ***knowing & understanding***; 2) ***exploring & discovering***, 3) ***imaging & creating***, dan 4) ***using & applying*** (Prasetyo, Romadoni, Sumarah, Ngazizah, Diliyani, & Wibowo. (2011: 369-370).

Keterampilan berargumentasi mempunyai peran penting membangun eksplanasi, model dan teori, karena melibatkan siswa dalam kegiatan ilmiah membangun dan membenarkan pengetahuan. Penjelasan ilmiah dalam berargumentasi adalah keterampilan yang harus dimiliki siswa karena sangat penting untuk menjadi saintis profesional. Ilmuan menggunakan keterampilan berargumentasi untuk mengembangkan dan mendukung kesimpulan sains dalam

isu sosial sains, namun keterampilan berargumentasi menjadi lemah jika siswa hanya melakukan diskusi mengenai isu *socio-scientific*. Penelitian Sandoval & Millwood (2005: 23), mengungkapkan bahwa siswa di negara maju, mengalami kesulitan menyusun argumen ilmiah. Kesulitan yang dirasakan siswa adalah menjelaskan gejala sains secara empiris dan memberikan dukungan data terhadap *claim* yang disajikan. Pernyataan ini didukung oleh Osborne, Erduran & Simon (2004: 34) mengembangkan keterampilan berargumentasi dalam konteks ilmiah jauh lebih sulit dibandingkan berargumentasi dalam konteks sosial, akibatnya siswa menganggap pembelajaran sains menjadi sulit untuk dipelajari. Meskipun sulit meningkatkan keterampilan berargumentasi dalam konteks sains, sangat penting memberikan siswa kesempatan berulang untuk belajar dan menggunakan keterampilan berargumentasi dalam konteks penilaian. Hal ini didukung pernyataan Simon; Erduran dan Osborne (2006: 43) untuk membentuk pengetahuan baru, guru perlu mengadopsi wacana baru dengan mendukung wacana berargumentasi dalam pembelajaran dan penilaian. Beberapa riset lain menyoroti pentingnya wacana pengetahuan ilmiah dan pengembangan *habits of mind* dalam sains.

Beberapa pendapat ahli mengenai argumentasi: 1) Argumentasi sebagai strategi penalaran berpikir logik, informal, dan kritis serta medan *prominent* dalam komunitas pendidikan sains (Jiménex-Aleixandre, Rodríguez, & Duschl, 2000: 782); 2) Argumentasi sebagai pendekatan yang mendorong siswa berpikir seperti seorang ilmuwan (Ogreten dan Sagir, 2014: 13); 3) Argumentasi dan eksplanasinya menjadi kebutuhan pendidikan sains sebagai bagian praktek sains (Duschl, Schweingruber, & Shouse, 2007: 67); 4) Argumentasi berperan menghasilkan dan mengkomunikasikan temuan empiris dan penjelasan kausal (Kuhn, 1993: 54); 5) Argumentasi dapat mengevaluasi proses dan penataan pengetahuan ilmiah siswa (Bricker & Bell, 2008); 6) Argumentasi bagian dari praktik sains sehingga guru perlu mencari cara bagaimana membangun dan mengevaluasi argumen (Driver, Newton, & Osborne, 2000); dan 7) Argumentasi dapat dieksplorasi untuk mempromosikan perubahan konseptual siswa (Nusbaum & Sinatra, 2003). Beberapa pendapat ahli tersebut merujuk kerangka kerja

analitis yang dikembangkan Toulmin (1958) untuk mengidentifikasi dan menganalisis keterampilan berargumentasi.

Skema argumentasi Toulmin membantu: 1) memahami argumentasi dalam spektrum sains (Cole et al, 2012; Jimenez-Aleixandre et al, 2000; Sampson & Clark, 2009; Zohar & Nemet, 2002); 2) memahami argumen lebih lengkap, akurat, dan efektif; 3) proses perkembangan kognitif; 4) menumbuhkan kemampuan berargumentasi (Jiménez- Aleixandre, & Rodriguez, 2000; Kuhn et al, 1997: 12); 5) meningkatkan pengetahuan ilmiah (Zohar & Nemet, 2002: 96); 6) mengevaluasi penalaran sehingga teridentifikasi hubungan data dan pernyataan (NRC, 2012); 7) praktek ilmiah dan mengembangkan cara meyakinkan orang lain tentang kebenaran kesimpulan (Lawson, 2003: 18); 8) pondasi literasi sains (Driver, Newton, & Osborne, 2000: 275); 9) mengembangkan keterampilan berargumentasi (Christensona & Rundgren, 2014: 78); dan 10) mengarahkan konsep pada pencapaian keterampilan berargumentasi, memperhatikan sifat pengetahuan dan kemampuan berpikir metakognitif dan strategi penilaian bagi guru (Bozan & Kucukozer, 2008).

Komponen skema argumentasi Toulmin dalam membangun sebuah argumen terdiri dari 1) **claim**: kesimpulan dengan mempertimbangkan data; 2) **data**: mempertimbangkan bukti, informasi, fakta, atau prosedur; 3) **warrant**: penjelasan bagaimana data atau bukti mengarah ke **claim**; 4) **qualifiers**: kondisi khusus menyajikan tingkat kepastian claim; 5) **backing**: mendasari asumsi yang menyediakan pembenaran pada **warrant**; dan 6) **rebuttal**: pernyataan yang mengakui batas **claim**.

Terkait hal tersebut keterampilan berargumentasi yang dimaksud dalam penelitian pengembangan adalah strategi membangun penjelasan kritis gejala dan phenomena sains yang dikomunikasikan secara tertulis dalam rangka mempromosikan perubahan konseptual siswa dibangun melalui skema berargumentasi. Indikator keterampilan berargumentasinya untuk pembelajaran fisika pada materi prinsip archimedes adalah 1) **claim**: dengan indikator mengidentifikasi, mengklasifikasikan, menyatakan, menafsirkan, menjelaskan, menunjukkan, memahami dan memprediksi; 2) **data**: menghubungkan,

mengilustrasikan, menyelidiki, mengkalkulasikan, memodifikasi, dan mengemukakan; 3) **warrant**: menganalisis, mendiagnosis, dan mendeteksi 4) **backing**: menerapkan, menggambarkan, dan mengilustrasikan; 5) **qualifiers**: menyusun, merinci, mengkategorikan, mengkombinasikan; dan 6) **rebuttal**: menyimpulkan, mempertahankan, dan membandingkan. Pengembangan indikator keterampilan berargumentasi dalam penelitian ini dijabarkan dalam matriks pada Lampiran 6.

b. Urgensi Pengembangan Instrumen Penilaian Keterampilan Berargumentasi Untuk Pembelajaran Prinsip Archimedes

Keterampilan berargumentasi memfasilitasi kreativitas berpikir siswa secara representasi mengenai fenomena dan prinsip ilmiah ketika membangun pengetahuan melalui tulisan. Perspektif penilaian yang memfasilitasi siswa memahami karya ilmuwan, pola pengetahuan sains, serta paham tentang fenomena membutuhkan penilaian yang dalam pelaksanaannya ada proses membangun keterampilan berargumentasi. Sejalan dengan pemikiran tersebut Schwarz (2009: 720) mengusulkan pembelajaran di mana siswa mampu mengidentifikasi tujuan dan sasaran dalam pembelajaran yang komunikatif. Asumsinya instrumen penilaian keterampilan berargumentasi untuk pembelajaran fisika pada materi prinsip archimedes sebagai skema aktivitas penilaian pengembangan keterampilan berpikir.

Proses pengintegrasian keterampilan berargumentasi dalam penilaian tidak terlepas dari hubungan antara pemikiran dan kinerja guru dalam kelas. Selain itu didukung pula oleh hubungan 1) aspek epistemologis: perspektif yang menghargai kritik dan berargumentasi sebagai aktivitas membangun pengetahuan sains (Driver; Newton; Osborne, 2000; Erduran; Ardac; Yakmaci-Guzel, 2006: 87). Aspek ini mempertimbangkan secara eksplisit penggabungan keterampilan berargumentasi dalam penilaian sebagai salah satu kompetensi yang dikembangkan dalam kelas sains; 2) aspek konseptual: sebagai kegiatan proses argumentatif: a) mempromosikan kemampuan siswa membenarkan hubungan antara data dan **claim** dan b) mempromosikan kemampuan mengusulkan kriteria

membantu menilai *claim*; 3) aspek didaktik, proses mengekspos pengetahuan dan membangun kesimpulan terkait phenomena.

Merancang instrumen penilaian keterampilan berargumentasi untuk pembelajaran prinsip archimedes mengutamakan kegiatan sains dimana siswa dibantu mengungkapkan pengetahuan selain konten. Instrumen penilaian keterampilan berargumentasi untuk pembelajaran fisika pada materi prinsip archimedes mengarahkan kegiatan menjelaskan dan membuktikan sains sehingga siswa: 1) dibimbing mengungkap pembuktian ilmiah dan membangun argumen (Cavagnetto, 2010; Cavagnetto & Hand, 2012: 87); 2) berpartisipasi aktif dalam praktek ilmiah dan membuat komponen berargumentasi (Berland & Reiser, 2008: 32); 3) dibimbing menganalisis dan mengevaluasi pengetahuan *claim* baru (Ford, 2012: 17); 4) dibimbing praktek sains untuk persiapan pembelajaran selanjutnya (Ford, 2008a, 2008b; Ford & Forman, 2006: 88). Keterampilan berargumentasi kunci pencapaian kemampuan sains, karena 1) pengetahuan ilmiah yang dihasilkan dan dievaluasi menunjukkan cara siswa membangun pengetahuan ilmiahnya; 2) keterlibatan pengetahuan sains sebagai argumen memberikan dasar yang kompleks dan terintegrasi untuk penjelasan ilmiah (McNeill & Krajcik, 2008; Sandoval & Millwood, 2005: 154); 3) keinginan memahami sains mendorong proses koordinasi teori dan bukti (Kuhn, 2010: 65). Rancangan instrumen penilaian keterampilan berargumentasi memiliki karakteristik: 1) memfasilitasi guru mempromosikan proses argumentatif di dalam kelas melalui penilaian yang memungkinkan siswa mengekspresikan pengetahuan untuk mencapai pemahaman suatu konsep; 2) adanya proses mempromosikan keterampilan berargumentasi dimana siswa mampu menggabungkan pengetahuan dan masalah pengetahuan.

Fase pengembangan instrumen penilaian keterampilan berargumentasi: 1) membangun pemahaman: membutuhkan siswa yang mampu mempertimbangkan konteks dan target fenomena yang akan dibahas. Fase ini akan diidentifikasi set keterampilan yang diperlukan dalam fase argumentasi efektif terhadap masalah kontekstual, untuk mengevaluasi dan mengembangkan argumentasi siswa. 2) eksplorasi subjek: membutuhkan siswa yang memiliki

pemahaman yang mendalam tentang topik. Set keterampilan fase ini berfokus pada penyelidikan (mengidentifikasi data/sumber dan mengevaluasinya, dan mensintesis informasi yang membahas permasalahan); 3) mempertimbangkan posisi: membutuhkan keterampilan berpikir terbuka di mana siswa mampu memandang fenomena dari berbagai sudut pandang, mempertimbangkan posisi yang paling masuk akal dan dapat dipertahankan. 4) membuat dan mengevaluasi argumen: logis dan valid. 5) menyelenggarakan dan menyajikan argumen: merekonstruksi argumen lain dari isyarat tekstual, dan menyusun serta menyajikan argumen dalam bentuk format yang efektif.

Fase pengembangan instrumen penilaian keterampilan berargumentasi untuk pembelajaran prinsip archimedes terfokus pada melatih siswa berbagai strategi meningkatkan produksi argumentasi. Semua phase skema instrumen penilaian keterampilan berargumentasi memberikan siswa kriteria untuk dievaluasi (Bracewell, Scardamalia, & Bereiter, 1978; Hayes, Carey, Schriver, & Stratman, 1986: 97) dan membutuhkan panduan penilaian (DiPardo & Freedman, 1988; Kinsler, 1990: 88) untuk meningkatkan produksi argumentasi.

Keterampilan berargumentasi siswa dapat dibangun secara efektif jika diberikan bimbingan dan dukungan. Osborne *et al.* (2004: 250) mengungkapkan bahwa memberikan siswa bimbingan membangun argumen secara struktur menghasilkan keterampilan berargumentasi. Schwarz dan Linchevski (2007) mengungkapkan bahwa skema tugas yang disesuaikan menghasilkan produksi argumentasi dan perubahan penalaran konseptual. Terkait paparan pernyataan ahli dalam rangka mengembangkan instrumen penilaian keterampilan berargumentasi untuk pembelajaran fisika pada materi prinsip archimedes memberikan siswa frame *rubrics*/kriteria dari lima komponen argumentasi untuk mengidentifikasi kualitas argumen siswa yang disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kerangka Indikator Kualitas Keterampilan Berargumentasi

<i>Components</i>	<i>Level</i>	<i>Definition</i>	<i>Examples</i>
<i>Claim</i>	<i>Level 1</i>	<i>An argument only consist with a claim without any data or fact</i>	<i>The greater the concentration, the faster the reaction is</i>
	<i>Level 2</i>	<i>An argument consists of a claim with data or fact</i>	<i>I saw that the greater the concentration of HCL, the faster the reaction with marble is. Thus I think that the greater the concentration, the faster the reaction is</i>
<i>Warrant</i>	<i>Level 1</i>	<i>An argument only consists with a theory or principle without connection to the claim, or not clearly describes the theory</i>	<i>The more molculus there are, the greate the opportunity for collision</i>
	<i>Level 2</i>	<i>An argument consists of a claim with theory or principle</i>	<i>The greater the concentration is, the faster the reaction is. It is because the more molecules there are, the greater the opportunity for collision</i>
<i>Backing</i>	<i>Level 1</i>	<i>An argument only consists with a backing without any connection to claim/warrant, or not cleary describe the connection among them.</i>	<i>I agree with David's idea, because I had a similar experience that producing oxygen experiment with high concentration of hydrogen peroxide.</i>
	<i>Level 2</i>	<i>An argument consists of a claim with backing, and or with data or warrant</i>	<i>I support Ann's idea, because I have done the concentration experiment (HCL react with marble), which proves that the greater intensity of the molecular collisions</i>
<i>Rebuttal</i>	<i>Level 1</i>	<i>An argument only consists of a weak rebuttal and without clearly explanation</i>	<i>I do not agree with Thomas's idea, because that some person who drink high concentration wine would not get drunk at all</i>
	<i>Level 2</i>	<i>An argument consists of a claim with clearly identifiable rebuttal</i>	<i>I disagree with Jim's idea that the lower the concentration is, the faster the reaction is. The lower the concentration, the smaller the amount of molecules, thus the lower the opportunity for collision.</i>

Sumber: Chen & She (2012)

Tabel 2.1. dapat dibangun melalui penjabaran kualitas formal berargumentasi digambarkan berdasarkan model sederhana pada Tabel 2.2 s.d 2.4.

Table 2.2. *Evidence Scores For Student Arguments and Counter-Arguments*

<i>Score</i>	<i>Description</i>
<i>0</i>	<i>No evidence or wrong evidence</i>
<i>1</i>	<i>Citation of or reference for 1 correct piece of evidence</i>
<i>2</i>	<i>Citation or reference for 2 correct pieces of evidence</i>

Table 2.3. *Evidence Scores For Student Rebuttals*

<i>Score</i>	<i>Description</i>
<i>0</i>	<i>No evidence or wrong evidence</i>
<i>1</i>	<i>Citation of or reference for 1 correct piece of outside evidence i.e., evidence not provided for the argumentation tests</i>
<i>2</i>	<i>Citation or reference for 1 correct piece of evidence</i>

Table 2.4. *Justification Scores For Student Arguments, Counter-Arguments, and Rebuttals*

Score	Description
0,5	No or wrong justification
1,0	Vague justification, irrelevant justification ^a
1,5	A general justification for 3 or more observations which fits scientifically for some of the observations but not all of them
2,0	A general justification for 2 or more observations which fits scientifically for all of them
2,5	A justification that refers to an observation but is scientifically incomplete or has some scientifically correct part and some scientifically incorrect part.
3,0	A justification that refers to an observation and scientifically correct

Sumber: Acar & Patton (2012)

Rubrics kualitas berargumentasi yang ditampilkan pada Tabel 2.1 s.d 2.4 menggambarkan struktur keterampilan berargumentasi terbentuk tanpa meninjau substansi keterampilan berargumentasi. Berdasarkan hal tersebut perlu adanya pengolaborasian antara struktur berargumentasi dan substansi berargumentasi. Andriessen et al 2003; Weinberger dan Fischer 2006, mengungkapkan bahwa konstruksi pengetahuan berargumentasi mengacu pada konstruksi bersama dan akuisisi pengetahuan siswa melalui argumentasi kolaborasi.

Keterampilan berargumentasi yang mendorong konstruksi pengetahuan argumentatif terjadi ketika siswa menyelesaikan permasalahan dari sudut pandang berbeda (De Grave et al 2001; Walton dan Krabbe 1995). Gillies, Nichols, Burgh, & Haynes (2014) keterampilan berargumentasi mempertimbangkan ide mencerminkan asumsi siswa, **claim**, dan menjamin keabsahan membangun argumen. Pendefinisian komponen argumen menggambarkan komponen-komponen penting dari argumentasi ilmiah ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Kualitas berargumentasi pada Tabel 2.1 s.d 2.5 menggambarkan kategori penilaian kualitas konseptual dan epistemologi (Sandoval dan Millwood, 2005) mengindikasikan bahwa keterampilan berargumentasi terkait aspek 1) kebutuhan berargumentasi menyajikan ide; 2) kualitas berargumentasi relevan, akurat dan logis. Struktur keterampilan berargumentasi mengacu pada masuknya unsur-unsur penting berargumentasi dari skema argumentasi Toulmin (1958).

Tabel 2.5. Membangun Definisi Keterampilan Berargumentasi

Istilah	Definisi
Klaim	Suatu pernyataan tentang alam berdasarkan pengamatan ilmiah dimaksudkan untuk membujuk orang lain.
Fakta	Klaim sering menggambarkan hubungan antara dua variabel atau lebih. Sesuatu yang diamati.
Opini	Fakta bahkan menggambarkan realitas Sebuah keyakinan pribadi yang mungkin atau tidak mungkin didasarkan pada kenyataannya. Pandangan atau penilaian bahwa individu membentuk sekitar
Data	Pengamatan sesuatu objek data atau peristiwa yang diukur atau data kualitatif. Data dapat dinyatakan sebagai angka atau kata-kata.
Kualifikasi/ <i>qualifiers</i>	Kata Penting atau frase pendek yang digunakan dalam klaim untuk mempersempit fokus klaim Kata atau frase yang meningkatkan atau menurunkan kualitas (atau "jumlah ") dari ide atau hal/sesuatu.
Otoritas	Sebuah sumber informasi terpercaya Jika Anda yakin klaim karena otoritas, itu berarti Anda percaya sumber mengklaim karena reputasi mereka, keahlian atau kepercayaan Anda pada mereka
Logika	Menetapkan sebuah aturan rasional untuk membuat kesimpulan yang wajar Jika Anda yakin klaim karena logika, itu berarti bahwa Anda telah menyimpulkan itu benar setelah memeriksa klaim menggunakan pemikiran yang matang dan alasan.
Teori	Laporan secara umum terorganisir yang menjelaskan fenomena alam Jika Anda yakin klaim karena teori, itu berarti Anda telah menerapkan ilmiah, penjelasan teknis tentang bagaimana atau mengapa sesuatu mungkin terjadi.
<i>Rebuttal</i> /Bantahan	Pernyataan bahwa klaim yang salah berdasarkan bukti dan penalaran. Sanggahan/bantahan tidak setuju dengan klaim, tetapi tidak membuat klaim baru.
Argumen kontra	Klaim alternatif berdasarkan penalaran dan bukti. Counter- argument mengajukan klaim baru yang tidak setuju dengan klaim pertama.
kualitas dari pemikiran	Sejauh mana bukti dan logika mendukung klaim. Penalaran adalah rantai pikiran atau pernyataan terkait. Setiap rantai penalaran berakhir dengan kesimpulan. Dengan alasan yang baik, "link" dalam rantai mendukung kesimpulan. Alasan yang mendasari dapat didasarkan pada otoritas, logika atau teori.

Sumber: Ellis, Bulgren, Hare, Ault (2015)

Pengintegrasian struktur dan substansi keterampilan berargumentasi dalam rangka meningkatkan kualitas berargumentasi siswa sangat diperlukan. Pengintegrasian keterampilan berargumentasi menghindari rendahnya keterampilan berargumentasi siswa dengan alasan yang tidak relevan. Kekhawatiran konsistensi kualitas berargumentasi (Erduran *et al*, 2004; Voss, 1996; Sadler & Zeidler, 2005; Sampson & Clark, 2008; Sandoval & Millwood, 2005; Schwarz *et al.*, 2003; Simon, 2008; Aufschnaiter *et al.*, 2008), melakukan upaya untuk menilai kualitas keterampilan berargumentasi. Integrasi dilakukan dengan menambahkan dimensi baru dan memberikan panduan instrumen penilaian keterampilan berargumentasi disinyalir menjadi penilaian praktis

digunakan di dalam kelas untuk meningkatkan kualitas berargumentasi siswa dalam segi struktur maupun substansi. Tabel 2.6 menyajikan rubrik yang mengintegrasikan kualitas berargumentasi baik dari struktur maupun substansi.

Tabel 2.6: Rubrik Kualitas Keterampilan Berargumentasi

Claim (5%)	Skor: 5			Skor: 0	
	Mengajukan pernyataan			Tidak mengajukan pernyataan	
Data (25%)	Skor: 25	Skor: 20	Skor: 15	Skor: 10	Skor: 0
a. menyediakan lebih dari satu alasan claim ; b. alasan diterima dan relevan	a. menyediakan beberapa alasan claim b. kebanyakan alasan diterima dan relevan, tapi satu atau dua lemah	a. menyediakan satu dua alasan claim b. beberapa alasan diterima tetapi tidak relevan	a. menyediakan satu alasan claim b. alasan lemah/ tidak relevan	a. tidak ada claim b. alasan tidak relevan	
Claim alternatif (10%)	Skor: 10			Skor: 0	
	Memberikan claim alternatif			Tidak memberikan claim alternatif	
Counter argument Data (25%)	Skor: 25	Skor: 20	Skor: 15	Skor: 10	Skor: 0
a. menyediakan beberapa alasan claim alternatif b. alasan claim alternatif diterima dan relevan	a. menyediakan beberapa alasan claim alternatif b. kebanyakan alasan claim alternatif diterima dan relevan, tapi satu atau dua lemah	a. menyediakan satu dua alasan claim alternatif b. beberapa alasan claim alternatif diterima tetapi tidak relevan	a. menyediakan satu alasan claim alternatif b. alasan claim alternatif lemah/ tidak relevan	a. tidak ada claim alternatif b. alasan claim alternatif tidak relevan	
Rebuttal claim (10%)	Skor: 10			Skor: 0	
	Memberikan rebuttal claim			Tidak memberikan rebuttal claim	
Rebuttal data (25%)	Skor: 25	Skor: 20	Skor: 15	Skor: 10	Skor: 0
a. memberikan sanggahan claim alternatif b. sanggahan diterima c. Kualitas sanggahan kuat dibandingkan dengan claim alternatif	a. memberikan sanggahan claim alternatif. b. sanggahan diterima, tetapi satu atau dua lemah c. Kualitas sanggahan lebih kuat dibandingkan claim alternatif, sementara satu atau dua sama dengan claim alternatif	a. memberikan sanggahan claim alternatif b. beberapa sanggahan diterima, tetapi beberapa lemah c. Kualitas sanggahan kuat dibandingkan claim alternatif, sementara beberapa lemah dibandingkan dengan claim alternatif	a. memberikan sanggahan dari beberapa claim alternatif b. beberapa sanggahan diterima; tetapi kebanyakan lemah. c. Kualitas sanggahan lemah dibandingkan dengan claim alternatif	a. tidak memberikan sanggahan b. tak satu pun sanggahan dapat membantah claim alternatif	

Sumber: Stapleton (2015)

Aktivitas penilaian keterampilan berargumentasi dalam rangka memproduksi argumentasi dipengaruhi oleh: 1) kesadaran siswa pada konsep yang dikuasai (She, 2004; Posner *et al*, 1982); 2) keyakinan siswa menantang konsep sains (She, 2004; Vosniadou & Brewer, 1987); 3) struktur mental siswa merekonstruksi konsep (She, 2004); dan 4) keterlibatan aktif siswa dalam proses perubahan konseptual (Hewson & Hewson, 1983; She, 2004).

Kegiatan produksi argumentasi didukung oleh: 1) Felton et al., (2009), penilaian argumentatif memiliki efek kualitas produksi argumentasi; 2) Nussbaum, 2005; Nussbaum & Kardash, 2005; Keefer et al., 2000, dampak penilaian persuasi argumentasi pada penalaran; 3) Leita, (2000) kepentingan *persuasive* memastikan kecendrungan siswa untuk mendukung *claim* dengan data yang jelas; 4) Kuhn et al. (2010) kegiatan berargumentasi menghasilkan pernyataan alternatif; 5) Sadler & Donnelly (2006) siswa memasukkan dan menggunakan pengetahuan konten dalam berargumentasi. 6) Chang & Chiu (2008) mempertimbangkan struktur dan isi argumen; 7) Basel et al. (2013) siswa berlatih *counter-argumen*; 8) Andriessen, Baker, & Suthers, 2003; Boulter & Gilbert, 1995; Nussbaum, 2005, meningkatkan pemahaman dengan menggunakan lebih banyak ide dalam membangun dan menegosiasikan pemahaman tentang fenomena tertentu melalui informasi baru; 9) Dole dan Sinatra (1998) proses berpikir mengelola strategi elaboratif dan metakognitif yang signifikan tentang argumen dan *counterarguments* berdampak pada perubahan konseptual siswa; dan 10) Baker (1999) perspektif perubahan konseptual, argumentasi memiliki potensi melibatkan siswa memperlihatkan kemampuan berpikir dan meminimalisir kesalahan konsep. Langkah membangun dan mengevaluasi keterampilan berargumentasi dirumuskan Dole dan Sinata (1998): 1) menganalisis konsep alternatif, 2) menghasilkan pernyataan yang berlawanan dengan konsep alternatif, 3) menjelaskan anomali data, dan 4) menimbang masalah dan argumen.

Terkait paparan ahli, pengembangan instrumen penilaian keterampilan berargumentasi untuk pembelajaran fisika pada materi prinsip archimedes adalah kegiatan penilaian proses menggunakan skema berargumentasi untuk

mengungkap dan membangun penjelasan ilmiah secara tertulis melalui perumusan komponen kunci berargumentasi dalam rangka menganalisis dan mengevaluasi pengetahuan. Adapun aktivitas proses penilaian dalam penelitian ini meliputi: a) mengidentifikasi tugas argumentatif yang berefek pada produksi kualitas berargumentasi; b) mengidentifikasi tujuan berargumentasi pada penalaran; c) memastikan siswa mendukung **claim** berdasarkan data; d) menggunakan pengetahuan konten; e) mempertimbangkan struktur dan isi argumen; f) menggunakan banyak ide dalam membangun dan menegosiasikan pemahaman fenomena melalui informasi baru. Kegiatan memproduksi argumentasi menggunakan instrumen penilaian keterampilan berargumentasi untuk pembelajaran fisika pada materi prinsip archimedes berkualitas dalam penelitian pengembangan ini didukung oleh **rubriks** termodifikasi sesuai paparan sebelumnya. Aspek kunci pengembangan **rubriks** dalam penelitian ini: pemahaman terpadu, terintegrasi, dan terfokus.

Terkait paparan di atas, Instrumen penilaian keterampilan berargumentasi adalah alat atau cara/teknik yang digunakan untuk mengukur keterampilan berargumentasi siswa dengan menggunakan **paper and pencil test** dalam bentuk soal pilihan ganda beralasan disusun dalam 3 paket dengan jumlah butir soal sebanyak 20 butir untuk tiap paketnya. Keterampilan berargumentasi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah strategi membangun penjelasan kritis gejala dan fenomena sains yang dikomunikasikan secara tertulis dalam rangka mempromosikan perubahan konseptual siswa dibangun melalui skema berargumentasi. Adapun Indikator keterampilan berargumentasinya adalah 1) **claim**: dengan indikator mengidentifikasi, mengklasifikasikan, menyatakan, menafsirkan, menjelaskan, menunjukkan, memahami dan memprediksi; 2) **data**: menghubungkan, mengilustrasikan, menyelidiki, mengkalkulasikan, memodifikasi, dan mengemukakan; 3) **warrant**: menganalisis, mendiagnosis, dan mendeteksi 4) **backing**: menerapkan, menggambarkan, dan mengilustrasikan; 5) **qualifiers**: menyusun, merinci, mengkategorikan, mengkombinasikan; dan 6) **rebuttal**: menyimpulkan, mempertahankan, dan membandingkan. Instrumen penilaian keterampilan berargumentasi untuk pembelajaran fisika pada materi

archimedes mempunyai karakteristik dapat mengukur keterampilan berargumentasi berdasarkan indikator keterampilan berargumentasi hasil pengembangan. Selain itu, kelayakan instrumen dijamin melalui validasi isi, pengujian empiris, validasi konstruk, serta penggunaannya yang dinilai minimal “baik”.

3. Penilaian Kinerja

a. Definisi Penilaian Kinerja

Terkait dengan peran penilaian dalam mengembangkan keterampilan berargumentasi perlu pendefinisian penilaian sebagai alat pengumpulan informasi hasil belajar siswa dan rencana umpan balik. Definisi proses penilaian menurut ahli: 1) sistematis dan terencana mengenai kualitas, kuantitas atau kedudukan sesuatu yang dinilai (Budiyono, 2015: 4); 2) mengumpulkan dan mendokumentasikan bukti pembelajaran (Hill & Ruptic, 1994); 3) sistematis melihat kemampuan dan kesulitan siswa sebagai acuan melakukan umpan balik (Lounghlin & Lewis, 1994); 4) keputusan tentang nilai (Cangelosi, 1995); 5) proses pengumpulan hasil kerja dan cara penyelesaiannya oleh siswa (NAEYC & NAESC/ SDE, 1991); 6) pendokumentasian dan kemajuan hasil siswa dalam rangka pengambilan keputusan (Arthur, 1996); 7) mengumpulkan informasi menggunakan alat dan teknik (Hargrove & Poteet, 1984). 8) pemerolehan informasi tentang tujuan pembelajaran (Kizlik, 2009); 9) memonitor kemajuan dan penetapan hasil pendidikan (Overton, 2008); 10) pengoleksian data dan informasi secara sistematis terkait peningkatan dan perkembangan siswa (Palomba & Banta, 1999). Berdasarkan hal tersebut, penilaian kinerja menggambarkan keterampilan siswa menerapkan pengetahuan dan cara menerapkan perolehan pembelajarannya. Penilaian kinerja juga mampu menggambarkan peningkatan hasil belajar siswa pada aspek psikomotor yang mengarah pada tugas kompleks atau kontekstual.

Penilaian kinerja pada dasarnya bertujuan menyediakan seperangkat instrumen kesiapan mental siswa dalam pembelajaran untuk target pembelajaran tertentu dan memudahkan guru dalam membuat keputusan berbasis data dalam

memodifikasi pembelajaran. Penilaian kinerja dapat memfasilitasi pembelajaran dengan cara: 1) memberikan informasi diagnostik mengenai kesiapan mental siswa; 2) memberikan informasi formatif dan sumatif untuk memantau kemajuan siswa; 3) menjaga motivasi siswa; 4) mengarahkan siswa untuk bertanggung jawab dalam pembelajaran; 5) memberikan kesempatan siswa untuk kembali mengekspos pengetahuan konten; 6) membantu siswa mempertahankan dan mentransfer apa yang telah mereka pelajari. Hal ini bersesuaian dengan hasil penelitian: 1) Faize & Dahar (2013) bahwa hasil analisis kinerja konseptual siswa lebih baik dari kinerja faktual siswa yang dianalisis secara terpisah pada item konseptual dengan menggunakan penilaian kinerja; 2) Viyanti (2009) bahwa penilaian kinerja dapat meningkatkan keterampilan generik dan penguasaan konsep fluida dinamis siswa.

Beberapa ahli mendefinisikan penilaian kinerja: 1) bagaimana standar kinerja diimplementasikan, mengarahkan siswa menerapkan pengetahuan tentang konten dan keterampilan dalam tugas nyata (Burke, 2006); 2) situasi terstruktur dimana stimulus kinerja disajikan pada siswa, yang menghasilkan respon berkualitas dapat dinilai dengan menggunakan standar (proses dan produk) (Strecher, 2010); 3) tes tertulis, demonstrasi serta kegiatan oral yang dapat diselesaikan sendiri oleh siswa atau kelompok (Moskal, 2003); 4) bentuk penilaian yang menuntut siswa melakukan kinerja (menyajikan penjelasan topik yang ditugaskan, menghasilkan hipotesis ilmiah, memecahkan masalah, atau melakukan penelitian pada topik yang ditugaskan (Wren, 2009); 5) memfasilitasi siswa menunjukkan kemampuan dan pemahaman dalam mengaplikasikan pengetahuan dan keterampilan dalam berbagai tugas dan situasi (Wiggins dalam Marzano, 1993); 6) dapat dimunculkan dengan cara meminta siswa memperagakan keterampilan dan membuat suatu karya yang melibatkan kreativitas (Stiggins, 1994); 7) membantu guru memperbaiki proses pembelajaran (Lynn dalam Zainul, 2001).

Penilaian kinerja berkaitan erat dengan tugas kinerja yang mengharuskan siswa mengaplikasikan pengetahuan konten dan keterampilan dalam bentuk kinerja atau keterampilan bukan memilih jawaban yang sudah tersedia. Tugas

kinerja disusun sendiri oleh guru atau bekerja sama dengan siswa. Keterlibatan siswa menyusun tugas kinerja menjadi sangat penting karena aktivitas belajar akan menjadi lebih baik ketika mereka tahu bagaimana dinilai. Proses refleksi dan evaluasi kinerja membantu siswa memahami tujuan pembelajaran serta mendorong peningkatan kemampuan belajar. Hal ini bersesuaian dengan pendapat Resnick & Klopfer (1989) bahwa konten dan proses sangat erat kaitannya, serta koneksi keduanya sangat penting untuk menilai siswa apakah mereka menguasai konten.

Implementasi penilaian kinerja dalam proses pembelajaran menghasilkan: 1) pengetahuan; 2) penalaran dalam memecahkan masalah; 3) keterampilan berkomunikasi dan visual; 4) memproduksi karya cipta pembelajaran; 5) menggambarkan tingkah laku, minat, motivasi dan konsep diri (Stiggins, 1994). Lebih lanjut Viyanti (2009) keterampilan proses dan kecakapan menyelesaikan tugas merupakan prinsip utama dalam penilaian kinerja. Paparan tersebut mengarahkan pada pendefinisian penilaian kinerja sebagai kegiatan penilaian dalam proses pembelajaran. Siswa dituntut memperagakan keterampilan dan membuat suatu karya yang melibatkan keterampilan berpikir dengan standar kinerja. Selain itu, siswa diarahkan untuk mengaplikasikan pengetahuan konten dan keterampilan dalam bentuk tugas kinerja dengan kriteria penilaian.

Penilaian kinerja dalam penelitian pengembangan ini adalah penilaian dalam bentuk *paper and pencil test* dimana secara terstruktur menuntut standar kinerja siswa menyajikan penjelasan ilmiah dalam mengimplementasikan pengetahuan dan keterampilan berpikir.

b. *Task* dalam Penilaian Kinerja

Prinsip utama dalam penilaian kinerja terbagi menjadi dua yaitu *task* (tugas) dan kriteria. Tugas kinerja mengharuskan siswa memproduksi keterampilan berpikir kompleks melalui penerapan pengetahuan dan keterampilan tentang penjabaran suatu fenomena. Beberapa ahli berpendapat : 1) penilaian kinerja menggunakan tugas yang mengharuskan siswa menunjukkan pengetahuan, keterampilan, dan strategi dengan membuat respon atau produk (Rudner &

Boston, 1994; Wiggins, 1989); 2) tugas sebagai syarat dilakukannya penilaian kinerja (Tucker dalam Marzano, 1993); dan 3) aspek tugas kinerja: a) mencerminkan aktivitas pembelajaran; b) menyediakan pengalaman belajar; c) mencerminkan keselarasan antara aktivitas dan kinerja; d) adil dan bebas dari bias (Moskal, 2003).

Tugas kinerja membutuhkan langkah-langkah yang harus ditempuh dalam menetapkan tugas untuk siswa. Berikut paparan ahli terkait langkah tugas kinerja: 1) langkah menetapkan tugas kinerja: a) menyusun daftar pengetahuan dan keterampilan yang diharapkan dimiliki siswa; b) merancang tugas yang memungkinkan siswa mendemonstrasikan keterampilan dan pengetahuan; c) menetapkan kriteria penilaian (Zainul, 2001); 2) tugas dirancang dengan langkah: a) menunjukkan kinerja; b) kelengkapan dan ketetapan aspek penilaian; c) menyelesaikan tugas; d) pemilihan kemampuan yang dinilai berdasarkan urutan pengamatan (Haryati, 2007); 3) merancang sebuah *performance task* harus: a) sejajar; b) menyediakan rubrik untuk setiap target penilaian; c) menggunakan beberapa pendekatan (Chappuis, 2009).

Pengembangan tugas kinerja berkualitas sangat sulit dikembangkan karena tugas harus bernilai tinggi, layak untuk pembelajaran, dan layak untuk meningkatkan keterampilan. Herman, Aschbacher, dan Winters (1992) mengidentifikasi tugas kinerja meliputi: 1) keterampilan kognitif yang dikembangkan; 2) keterampilan sosial dan afektif yang dikembangkan; 3) keterampilan metakognitif; 4) jenis masalah yang bisa dipecahkan; 5) konsep dan prinsip-prinsip yang dapat diterapkan. Terkait hal tersebut, tugas kinerja yang dikembangkan dalam instrumen penilaian keterampilan berargumentasi untuk pembelajaran fisika pada materi prinsip archimedes meliputi tugas terstruktur dalam bentuk tulisan yang dapat dipecahkan menggunakan konsep, pengetahuan dan keterampilan berpikir.

Dalam mengidentifikasi tugas kinerja memerlukan rancangan untuk pencapaian tugas kinerja. Desain tugas kinerja mengharuskan siswa menunjukkan keterampilan dan pengetahuan, memotivasi siswa, menantang, dan dapat dicapai. Asumsinya tugas kinerja dirancang agar siswa mampu

menyelesaikan dan berhasil. Herman, Aschbacher & Winters (1992) menyusun proses pengembangan tugas kinerja: 1) mengalokasikan waktu yang diperlukan siswa untuk memperoleh keterampilan; 2) kompleksitas tugas (keterampilan kognitif, sosial, dan afektif); 3) keterampilan yang diinginkan berkaitan dengan materi pembelajaran selanjutnya; 4) keterampilan yang diinginkan berhubungan dengan rencana perbaikan pembelajaran; 5) prioritas terhadap keterampilan yang diharapkan.

Setiap kegiatan penilaian tidak lepas dari capaian pembelajaran sesuai kurikulum yang berlaku. Terkait dengan merancang tugas kinerja yang harus dilakukan oleh siswa yang dibutuhkan dalam penelitian pengembangan. Adapun langkah perancangan tugas kinerja dalam penelitian pengembangan adalah: 1) mengidentifikasi capaian pembelajaran; 2) menyusun daftar pengetahuan dan keterampilan tugas kinerja; 3) mendesain tugas yang memungkinkan siswa mendemonstrasikan keterampilan dan pengetahuan; 4) menetapkan aspek dan kriteria penilaian; 5) komponen kelengkapan dan ketetapan penilaian; 6) menilai keterampilan yang diamati secara terstruktur dan berurut; 7) menyediakan rubrik untuk setiap target penilaian tugas; 8) menggunakan beberapa pendekatan dalam merencanakan cara pemberian nilai yang paling tepat dan efisien.

c. **Rubrics/Kriteria Penilaian kinerja**

Instrumen penilaian kinerja terkait erat dengan penyusunan **rubrics**/kriteria. **Rubrics**/kriteria yang valid dan terstandar tercermin dari hasil proses pembelajaran dimana pemahaman siswa tentang apa yang akan dinilai menjadi lebih baik. **Rubrics**/kriteria yang dibuat dengan menetapkan standar yang baik, memuat unsur-unsur esensial dari aspek yang akan dinilai. **Rubrics**/kriteria dapat memberikan siswa target kemampuan yang dapat ditunjukkan serta memotivasi siswa mengikuti proses pembelajaran

Alasan mendasar bahwa setiap tugas dalam penilaian kinerja harus memiliki **rubrics**/kriteria yaitu: 1) kriteria menentukan jenis perilaku atau atribut dari produk yang diharapkan dari siswa, dan 2) sistem **assessment** yang terdefinisi dengan baik memungkinkan guru, siswa, dan orang lain dapat mengevaluasi

kinerja atau produk seobjektif mungkin. Jika **rubrics**/kriteria didefinisikan dengan baik maka orang lain akan bertindak secara independen dalam memberikan penghargaan kepada siswa dalam bentuk skor yang sama. Selain itu **rubrics**/kriteria yang ditulis memungkinkan guru konsisten dalam menggunakan waktu.

Rubrics/kriteria secara eksplisit mengukur sejauh mana siswa telah menguasai keterampilan dan pengetahuan. **Rubrics**/kriteria terdiri dari satu set poin skor yang menentukan secara eksplisit kisaran kinerja siswa. **Rubrics**/kriteria yang didefinisikan dengan baik akan menunjukkan proses dan produk apa yang diperlukan untuk menunjukkan penguasaan kinerja siswa dan juga memberikan guru panduan tujuan **assessment** dalam mengevaluasi kinerja siswa. **Rubrics**/kriteria harus berdasarkan atribut dari produk atau kinerja yang paling penting untuk mencapai keterampilan.

Beberapa pendapat ahli tentang **rubrics**/kriteria: 1). catatan proses hasil siswa (Zainul, 2001); 2) syarat **performance assessment**: umum, nyata, fokus, adil, mudah diajarkan, praktis, mudah penskorannya (Popham, 1995); 3) **rubrics**/kriteria syarat **performance assessment**: a) mewajibkan siswa menghasilkan suatu produk atau mendemonstrasikan proses atau keduanya; b) menggunakan kriteria yang terdefinisi secara jelas untuk mengevaluasi kualitas pekerjaan siswa (Nitko, 2007); 4) **rubrics** adalah kriteria yang digunakan untuk membantu guru dan siswa fokus pada apa yang dinilai dalam subjek, topik, atau kegiatan (Airasian & Russel, 2008); 5) **rubrics** sebagai alat pembelajaran untuk memberikan umpan balik dalam meningkatkan hasil belajar siswa dan sebagai gambaran unsur-unsur penting kualitas siswa (Chappuis, 2009); 6) **rubrics** adalah alat **assessment** secara eksplisit terkait dengan pendeskripsian karakteristik tingkat penguasaan kinerja (Karkehabadi, 2013). Berdasarkan beberapa pendapat ahli, **rubrics** dalam penelitian pengembangan ini didefinisikan sebagai panduan **assessment** yang menggambarkan karakteristik kriteria kinerja yang diinginkan dalam menilai atau memberi tingkatan kualitas hasil kinerja siswa dan secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 9.

Pendefinisian suatu **rubrics**/kriteria tidak terlepas dari langkah-langkah

penyusun *rubrics*/kriteria. Langkah-langkah penyusunan *rubrics*/kriteria menurut ahli: 1) Airasian (1991): a) mengidentifikasi kinerja yang dinilai; b) menyusun daftar komponen kinerja atau produk utama; c) membatasi jumlah kriteria kinerja; d) meminta pendapat ahli mengenai kriteria perilaku penting termasuk dalam tugas; e) mengungkapkan kriteria kinerja perilaku siswa yang diamati atau karakteristik produk; f) hindarkan menggunakan kata-kata ambigu dari kriteria kinerja; g) mengatur urutan kriteria kinerja sesuai dengan yang diamati; 2) Zainul (2001): a) mengidentifikasi tujuan dan indikator kinerja; b) menyusun karakteristik atribut kinerja serta deskripsinya secara lengkap; c) melengkapi rubrik holistik dan analitik; d) mengkoleksi sampel kinerja sebagai contoh tiap tingkat; dan e) merevisi rubrik; 3) Burke (2006): a) standar target; b) menyusun ide-ide utama; c) menyusun daftar periksa guru; d) membuat tugas kinerja; e) mengembangkan *checklist* siswa; f) mengajar desain rubrik.

Berdasarkan paparan ahli mengenai langkah penyusunan *rubrics*/kriteria, langkah penyusunan *rubrics*/kriteria yang dimaksud dalam penelitian pengembangan mengidentifikasi: 1) standar kompetensi yang diharapkan; 2) kinerja yang akan dinilai atau karakteristik/indikator produk; 3) daftar aspek-aspek penting dari kinerja; 4) pada tipe *rubrics* holistik; 5) penggunaan kata-kata ambigu; 6) urutan kriteria kinerja sesuai dengan yang diamati 7) rubrik sesuai kebutuhan (revisi).

4. Prinsip Archimedes

Prinsip Archimedes adalah hukum fisika terkait dengan gaya apung, ditemukan oleh ahli matematika Yunani kuno dan penemu Archimedes. Sejarah sains mencatat bahwa Archimedes merupakan seorang ilmuwan pertama yang menyatakan bahwa “benda yang berada di dalam air didukung oleh gaya yang sama dengan berat air yang dipindahkan”. Prinsip ini ditemukan secara spontan oleh Archimedes pada saat Archimedes masuk ke bak mandi dan memperhatikan bagaimana air memercik saat dia masuk. Prinsip ini menyatakan gaya apung besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkan.

Prinsip Archimedes secara nyata membuktikan bahwa: (1) benda yang tenggelam dalam fluida menjadi lebih ringan dan beratnya sama dengan jumlah fluida yang dipindahkan; (2) volume fluida yang pindah sama dengan volume benda tenggelam (atau untuk benda terapung); (3) benda terapung jika gaya apung pada benda dalam fluida sama dengan berat benda; (4) benda tenggelam jika berat fluida yang dipindahkan lebih kecil dari berat benda; (5) benda terapung menggantikan beratnya, sedangkan benda tenggelam menggantikan volumenya; (6) benda melayang (netral) memindahkan berat dan volumenya; (8) gaya apung bekerja selalu ke arah atas terhadap berat benda (arah ke bawah); (9) gaya apung didasarkan pada massa air yang dipindahkan; (10) dua benda memiliki gaya apung yang sama meskipun memiliki volume berbeda; (11) gaya apung adalah gaya kontak, yang diberikan melalui kontak dengan fluida yang menggantikan fluida dalam medan gravitasi; (12) Jika benda memiliki berat yang sama dengan gaya apung maka berlaku “gaya apung netral”; (13) posisi setimbang benda dalam fluida tergantung pada titik pusat benda apung dengan pusat gravitasi; (14) pusat gravitasi benda adalah titik semua berat benda terkonsentrasi; (15) pusat apung adalah pusat gravitasi benda dari air yang benda telah berpindah (hal ini tidak di dalam air, tetapi dalam benda yang mengambang di atasnya). Berdasarkan paparan prinsip archimedes yang dimaksud dalam penelitian ini adalah benda yang diletakkan dalam fluida akan mengalami gaya ke atas yang sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda. Terkait prinsip archimedes disajikan aplikasi beberapa penerapan prinsip archimedes dalam kehidupan sehari-hari:

a. Aplikasi Prinsip Archimedes

a) Gaya apung (ditinjau dari ukuran dan bentuk)

Gaya apung dalam kehidupan sehari-hari dapat dijumpai akibat dari luas permukaan suatu benda. Misalnya, (1) kapal besar dengan permukaan alas luas maka berat kapal terkonsentrasi di seluruh permukaan air, semuanya akan mendorong pada kapal; (2) kapal besar dengan alas permukaan seperti busur dan mengarah ke bawah, kapal akan mudah tenggelam karena semua berat

terkonsentrasi di satu area, dan air memindahkan berat lebih sedikit dari berat kapal; (3) posisi seseorang dikatakan terapung di permukaan air jika orang tersebut mengapung terlentang artinya seluruh tubuhnya terapung pada permukaan air; dan (4) ketika posisi orang tersebut mengapung di air dengan kaki ke bawah lambat laun orang tersebut akan tenggelam.

b) Kapal kontainer terapung dipermukaan air setelah muatannya dibongkar

Massa jenis besi lebih besar daripada massa jenis air laut, tetapi mengapa kapal laut yang terbuat dari besi mengapung di atas air? Badan kapal yang terbuat dari besi dibuat berongga. Ini menyebabkan volume air laut yang di pindahkan oleh badan kapal menjadi sangat besar. Gaya apung sebanding dengan volume air yang dipindahkan, sehingga gaya apung sangat besar. Gaya apung mampu mengatasi berat total kapal sehingga kapal laut mengapung di permukaan laut. Jika dijelaskan berdasarkan konsep massa jenis, maka massa jenis rata-rata besi berongga dan udara yang menempati rongga masih lebih kecil daripada massa jenis air laut. Itulah sebabnya kapal laut mengapung.

c) Perenang

Perenang mengetahui bahwa menahan napas penuh dapat membuat mereka lebih ringan. Usaha memakai tambahan bobot dan peralatan lainnya pada saat berenang membantu mengelola manuver dalam rangka mengantisipasi sifat tubuh yang secara alami terapung. Selain itu perenang membutuhkan teknik untuk terapung, melayang, dan tenggelam.

Pusat gravitasi dalam tubuh manusia berada di daerah pusar dan pusat apung sedikit lebih tinggi, ini sebabnya mengapa tubuh cenderung mengapung tegak dengan bahu dan dada di atas kaki. Sedangkan, jika posisi kaki di atas batang tubuh, pusat gravitasi tubuh berada di atas pusat apung, akibatnya tubuh tidak stabil dan posisi hanya dapat dipertahankan melalui usaha.

d) Efek fluida terhadap titik terpadat

Massa jenis gas panas lebih kecil daripada massa jenis udara: Jika suatu benda menggantikan lebih dari berat dalam air, benda akan terapung; jika dapat digantikan oleh benda dengan berat kurang dalam air, akan tenggelam. Air dengan suhu 4°C dari titik bekunya adalah keadaan paling padat, lebih padat daripada air hangat. Pada suhu dingin, air lebih padat tenggelam ke arah bawah, dan air hangat (kurang padat) bergerak naik menuju permukaan. Proses ini membantu lautan bergerak, seperti air dingin turun di daerah Kutub Utara dan invigorates kedalaman laut. Di alam, pada saat udara semakin dingin, kristal es terbentuk (terapung) menghasilkan lapisan isolasi. Sistem dinamis ini memungkinkan air untuk mencair tetap di bawah permukaan es (kolam, danau, sungai, dan lautan) dan ini berarti proses kehidupan bisa bertahan dalam kondisi tersebut.

b. Pembelajaran Fisika Materi Prinsip Archimedes

Pembelajaran fisika dipengaruhi oleh aliran belajar kognitif yang mengakui bahwa pembelajaran melibatkan asosiasi yang terbentuk melalui hubungan dan pengulangan. Teoritikus kognitif memandang pembelajaran sebagai pelibatan kemahiran atau pengaturan kembali struktur kognitif melalui proses manusiawi dan penyimpanan informasi (Smith, 2009:85). Pengetahuan kognitif memulai pergantian dari praktek behavioristik yang menekankan pada perilaku eksternal, menjadi sebuah minat pada proses mental internal pikiran dan bagaimana siswa mempromosikan pembelajaran efektif. Pengaruh aliran belajar kognitif dalam pembelajaran dibuktikan dengan penggunaan pengatur maju, peralatan mnemonik, metafora, pemotongan menjadi bagian-bagian berguna, dan pengaturan terhadap materi pembelajaran dari yang sederhana sampai yang kompleks. Pada dasarnya aliran belajar kognitif mendukung praktek penganalisisan sebuah tugas dan memecahkannya menjadi potongan yang dapat diatur, membentuk sasaran, dan mengukur prestasi berdasarkan pada sasaran tersebut. Sisi objektif kognitif mendukung penggunaan model yang digunakan dalam pendekatan pembelajaran. Aliran belajar kognitif berkembang menjadi beberapa teori belajar seperti teori belajar Gestalt, teori medan, dan teori belajar konstruktivistik.

Sanjaya (2006:195) menyatakan bahwa teori belajar kognitif cerminan peristiwa behavioral teramati dan proses mental siswa dalam memaknai lingkungannya. Proses ini sebagai aspek penting dalam perilaku belajar. Terkait hal tersebut, proses pembelajaran dimungkinkan sebagai proses “mengkonstruksi” bukan “menerima” pengetahuan. Proses pembelajaran melibatkan siswa secara aktif membantu membangun pengetahuan siswa. Keberhasilan pembelajaran fisika mengkonstruksi pengetahuan terkait fakta, konsep, hukum, hipotesa dan teori yang digunakan para saintis berkaitan dengan: keterampilan proses; pengembangan kreativitas; sikap ilmiah dan penerapan sains dalam kehidupan sehari-hari. (Zuchdi, 2011: 276).

Adanya dorongan perluasan dan pengembangan pengetahuan didukung oleh teori belajar kognitif melatar belakangi timbulnya pembelajaran prinsip archimedes yang diharapkan merangsang siswa memproduksi argumentasi. Pembelajaran prinsip archimedes menekankan pada proses berpikir kritis dan analitis. Gillies, Nichols, Burgh, Haynes (2012) pendidikan sains secara luas mempromosikan praktek pedagogis mendorong siswa bertanya tentang alam, mencari solusi, dan mengembangkan pemahaman. Terkait pernyataan tersebut, siswa tidak akan memiliki keraguan belajar ketika didorong menjadi peserta aktif dalam proses pembelajaran, menyelidiki masalah menantang, dan berpikir kreatif saat bekerja menuju kesimpulan yang disepakati.

Pengembangan pembelajaran yang mampu memproduksi argumentasi diawali dengan pengetahuan bermakna siswa manakala didasari pada keingintahuan. Sanjaya (2006: 196) mengidentifikasi ciri pembelajaran bermakna: 1) titik tekan pada aktivitas mencari dan menemukan; 2) sikap percaya diri yang tumbuh; 3) aktivitas berpikir sistematis, logis, dan kritis dapat dikembangkan sebagai proses mental. Lebih lanjut Indrawati (1999:9) menyatakan pembelajaran akan efektif bila diselenggarakan dalam rumpun pemrosesan informasi. Artinya, pembelajaran yang mampu membantu siswa memproduksi argumentasi adalah pembelajaran yang berinti pada bagaimana siswa mampu memecahkan masalah dalam situasi proses berpikir dan keterlibatannya secara maksimal dalam proses pembelajaran.

Dahlan (1990:35) menyatakan siswa menyadari proses pembelajaran jika membawanya pada sikap bahwa semua pengetahuan bersifat tentatif. Artinya, siswa berkesempatan aktif menemukan konsep berdasarkan fakta kontekstual. Pembelajaran fisika yang dirancang untuk memberdayakan keterampilan berargumentasi mengajak siswa terlibat langsung dalam proses ilmiah. Peran guru memfasilitasi tahapan terproduksinya argumentasi siswa menjadi atentif dan reflektif. Siswa dibimbing dalam kegiatan kognitifnya sehingga mengakibatkan terbangunnya pengetahuan.

Asumsi di atas sejalan dengan beberapa pendapat ahli: 1) Bruner, (1961); Papert, (1980); Steffe & Gale, (1995), siswa belajar paling baik dalam lingkungan tanpa bimbingan atau sedikit bimbingan dimana mereka diberikan kesempatan untuk menemukan dan membangun informasi sendiri; 2) Cronback & Snow (1997); Klahr & Nigman (2004); Meyer (2004) meyakini bahwa siswa tidak boleh dibiarkan menemukan konsep dan proses sendiri melainkan memerlukan bimbingan.

Berdasarkan paparan ahli terkait pembelajaran fisika yang dapat memberdayakan keterampilan berargumentasi siswa maka peneliti telah menyesuaikan konstruksi pengetahuan dan kemampuan siswa dalam konteks situasi pembelajaran tertentu yang dituangkan dalam kajian teori materi prinsip archimedes. Kajian materi ini mengarah pada capaian standar internasional pembelajaran fisika yang menekankan pada: 1) membangun pengetahuan; 2) menghubungkan pengetahuan serta merefleksikan pengetahuan yang beberapa hal ditekankan pada bagaimana siswa: (1) berpikir dan bernalar; (2) berargumentasi; (3) mengkomunikasikan gagasan dalam tulisan; (4) memecahkan masalah dan pengajuannya; (5) menggunakan symbol, teknik dan operasi menjawab secara formal. Adapun paparan materi terkait materi prinsip archimedes disajikan di bawah ini.

c. Massa Jenis Zat

Fenomena benda yang berada dalam fluida memiliki berat lebih kecil dibandingkan ketika benda di udara sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini dapat dibuktikan dengan cara menimbang batu di dalam fluida, berat batu

terukur pada neraca pegas menjadi lebih kecil dibandingkan dengan ketika menimbang batu di udara. Efek sama akan dirasakan ketika kita mengangkat batu dalam fluida, batu akan terasa lebih ringan jika diangkat di dalam fluida. Hal ini bukan berarti sebagian batu hilang sehingga berat batu menjadi lebih kecil, tetapi pada saat batu di dalam fluida ada gaya ke atas yang dikerjakan fluida terhadap batu, sehingga berat batu seolah-olah menjadi lebih kecil, gaya ke atas tersebut dikenal dengan gaya apung.

Ketika batu tenggelam, beratnya akan berkurang karena gaya apung pada fluida melawan gaya gravitasi. Seperti diketahui berat merupakan manifestasi dari beban benda terhadap tarikan gaya gravitasi. Di sisi lain massa benda tetap tidak berubah dan terus mendorong batu sesuai dengan volume batu terendam, karena massa mendefinisikan ruang dan volume yang ditempati oleh benda. Oleh karena itu, batu dengan massa sama tetapi mempunyai massa jenis berbeda, akan mendorong volume batu dalam jumlah berbeda, hal ini terkait dengan gaya apung batu akan berbeda satu sama lain, bergantung pada massa dan kerapatannya (Gambar 2.1,b).

Gaya apung terjadi karena tekanan dalam fluida naik sebanding dengan kedalaman. Dengan demikian tekanan ke atas pada permukaan bawah batu tenggelam lebih besar daripada tekanan ke bawah pada bagian permukaan atas. Sehingga dapat dikatakan bahwa gaya apung merupakan selisih antar gaya hidrostatis pada permukaan benda atas dan bawah. Arah gaya apung ke atas, searah dengan gaya angkat yang diberikan pada batu sehingga batu yang diangkat di dalam fluida terasa lebih ringan.

Massa jenis merupakan identitas suatu benda. Benda terapung, melayang atau tenggelam bergantung pada massa jenisnya. Terkait hal itu, massa jenis didefinisikan sebagai hasil perbandingan antara massa zat dan volume atau dapat dituliskan:

$$\rho = \frac{M}{V} \dots\dots\dots(1)$$

Persamaan (1) menggambarkan bahwa massa jenis menunjukkan tingkat kerapatan suatu zat. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, semakin rapat

susunan zatnya. Satuan SI (Standar Internasional) massa jenis adalah (kg/m^3) dan dilambangkan dengan ρ . Massa jenis berbagai zat dapat dikelompokkan berdasarkan wujudnya dan disajikan pada Tabel 2.7. Massa jenis suatu zat dapat dicari dengan dua cara, yaitu dengan pengukuran massa dan volume. Pengukuran massa dianggap lebih teliti daripada pengukuran volume, sehingga pengukuran volume jarang digunakan. Hal inilah yang mendasari adanya massa jenis relatif. Massa jenis relatif didefinisikan sebagai hasil perbandingan antara massa jenis bahan dan massa jenis air atau ditulis dengan persamaan:

$$\rho_{\text{relatif}} = \rho_{\text{bahan}} / \rho_{\text{fluida}} \dots \dots \dots (2)$$

Tabel 2.7. Besar Massa Jenis Zat

Wujud Zat	Nama Zat	Massa Jenis (g/cm^3)
Padat	Besi	7,9
	Emas	19,3
	Aluminium	2,7
	Kuningan	8,4
	Perak	10,5
	Platina	21,45
	Seng	7,14
	Batu Apung	0,641
	Arang	0,208
	Kardus	0,689
	Garam	1,201
	Wol	1,314
	Sabun padat	0,801
	Gula Batu	0,961
	Gula pasir	0,849
	Platinum	21,4
	Porselin	2,4
	Gabus	0,24
	Air	1
Cair	Coca-Cola	1,11
	Susu	1,03
	Juice Buah	1,047
	Cuka	1,075
	Minyak Zaitun	0,913
	Alkohol	0,8
	Air Raksa	13,6
	Es	0,92
	Bensin	0,7
	Minyak Tanah	0,8
Gas	Cuka	0,99
	Udara	0,0012

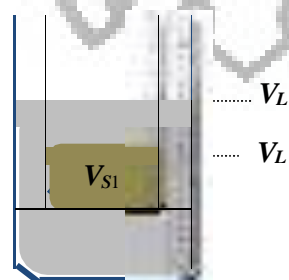
Pemahaman tentang massa jenis suatu benda secara sederhana disajikan seperti ilustrasi berikut “dua kantong plastik ukuran sama berisi kapas dan pasir, ketika pembahasan terkait dengan massa, meskipun volume sama, yaitu satu kantong

plastik, ternyata pasir memiliki massa lebih besar dibanding kapas. Berdasarkan hal ini, dikatakan massa jenis pasir lebih besar daripada massa jenis kapas”.

Terkait hal itu, massa jenis berfungsi untuk menentukan zat, setiap zat memiliki massa jenis berbeda, dan suatu zat berapapun massa dan volumenya akan memiliki massa jenis sama. Berbagai logam memiliki nilai massa jenis besar dikarenakan atom-atom dalam susunan molekulnya memiliki kerapatan besar. Gabus atau styrofoam mempunyai massa jenis kecil karena susunan atom-atom dalam molekulnya memiliki kerapatan kecil. Seperti diketahui bahwa massa jenis bergantung pada banyak faktor seperti suhu dan tekanan yang mempengaruhi fluida. Akan tetapi pengaruhnya sangat sedikit sehingga massa jenis suatu fluida dinyatakan sebagai konstanta. Massa jenis zat yang umum digunakan sebagai patokan adalah massa jenis air dan raksa yang besarnya dapat dilihat pada Tabel 2.7.

d. Penentuan Massa Jenis Fluida Dengan Pengukuran Volume

Fluida yang tidak diketahui massa jenisnya (ρ_f) dituangkan ke dalam gelas ukur 500 *ml* (Gambar 2.1).



Gambar 2.1. Gelas Ukur 1000 *ml* Dan 500 *ml* Berisi Fluida (Massa Jenis Tidak Diketahui)

Volume fluida V_{SI} dapat dibaca langsung dari skala gelas ukur 500 *ml* sehingga massa jenis fluida ρ_f :

$$\rho_f = \frac{V_{Lb} - V_{Ll}}{V_{SI}} \rho_{air} \dots\dots\dots (3)$$

Massa jenis benda dapat dengan mudah diketahui secara akurat dengan menimbang benda dan membaginya dengan volume benda. Untuk fluida sangat sulit menentukannya, kesulitan terletak pada menentukan volume fluida, hal ini

dapat teratasi dengan volume benda yang direndam dalam fluida jika massa jenisnya diketahui, dengan menggunakan persamaan:

$$V_o = \left(\frac{\Delta m}{\rho_f - \rho_u} \right) - V_L \dots\dots\dots(4)$$

V_o volume benda yang ditenggelamkan, V_L adalah volume garis yang ditenggelamkan, Δm adalah perubahan massa, ρ_f adalah massa jenis fluida dan ρ_u = massa jenis udara (lihat Tabel 2.7). Berdasarkan Persamaan (4) diperoleh persamaan:

$$\rho_f = \left(\frac{\Delta m}{V_o - V_L} \right) - \rho_u \dots\dots\dots(5)$$

Jika benda dalam keadaan konstan maka volume benda dapat dicari dengan persamaan:

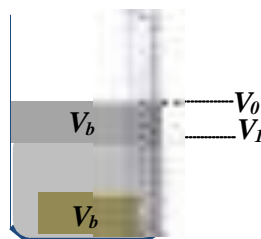
$$\rho_f = \left(\frac{\Delta m}{V} \right) - \rho_u \dots\dots\dots(6)$$

Jika massa jenis fluida relatif terhadap air maka persamaannya menjadi:

$$\frac{\rho_f - \rho_u}{\rho_a - \rho_u} = \left(\frac{\Delta m_f}{\Delta m_a} \right) \dots\dots\dots(7)$$

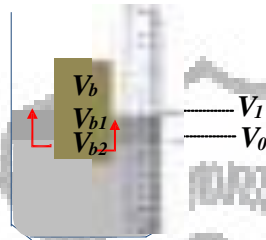
Selain menggunakan Persamaan (7) untuk menentukan massa benda dan massa jenisnya dapat ditentukan dengan menggunakan benda tenggelam dan terapung dengan mempertimbangkan bahwa: perbedaan tingkat fluida pada gelas ukur mewakili volume fluida yang dipindahkan.

Volume fluida yang dipindahkan oleh benda tenggelam jika benda diletakkan dalam wadah berisi fluida mengakibatkan permukaan fluida naik. Dimana perbedaan tingkat $V_I - V_o$ sama dengan volume benda yang diletakkan dalam wadah berisi fluida (Gambar 2.2).



Gambar 2.2. Perubahan Volume Fluida Disebabkan Benda Tenggelam

Apakah perbedaan tingkat permukaan fluida pada benda tenggelam sama dengan benda terapung? Pada gelas ukur dengan volume awal V_0 diletakkan benda terapung maka tingkat fluida naik ke V_1 . Permukaan fluida pada bagian yang terendam fluida membagi menjadi dua dengan volume V_{b1} dan V_{b2} (Gambar 2.3).

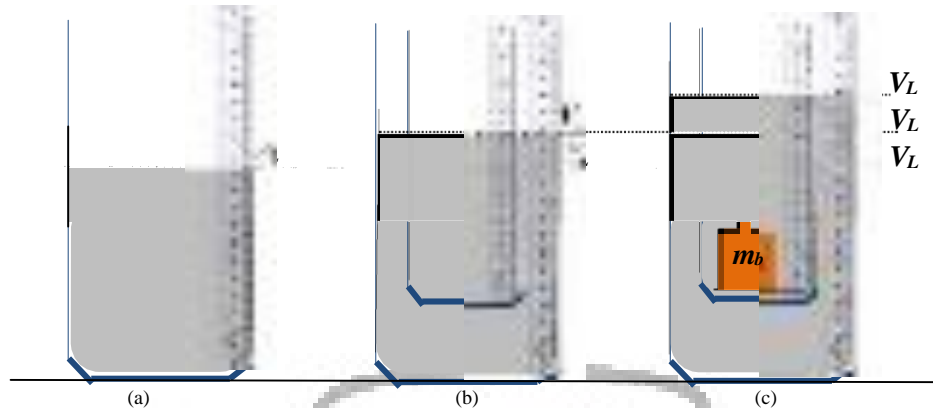


Gambar 2.3 Perubahan Volume Fluida yang Disebabkan oleh Benda Terapung

Kenaikan tingkat fluida disebabkan oleh perpindahan fluida dengan volume V_{b2} diatas tingkat awal dan dengan kontribusi volume benda V_{b1} . Perbedaan $V_1 - V_0$ dibuat dengan jumlah dari volume V_{b1} dan V_{b2} yang sesuai dengan bagian volume benda yang dipindahkan V_b .

e. Pengukuran Massa Jenis Zat Dengan Penentuan Massa

Dua gelas ukur berbeda ukuran (1000 *ml* dan 500 *ml*), lalu dituangkan fluida ke gelas ukur 1000 *ml* volume awal terbaca V_{L0} seperti Gambar 2.4.a. Gelas ukur 500 *ml* diletakkan dalam gelas ukur 1000 *ml* dan dibiarkan terapung tegak lurus dipermukaan fluida. Tingkat kenaikan volume fluida pada gelas ukur 500 *ml* adalah V_{L1} seperti Gambar 2.4.b.



Gambar 2.4. (a) Gelas Ukur 1000 **ml** Dengan Posisi Ketinggian Awal Fluida V_{L0} ; (b) Perubahan Ketinggian Fluida pada Gelas Ukur 1000 **ml** Setelah Dimasukan Gelas Ukur 500 **ml**; (c) Ketinggian Fluida Pada Gelas Ukur 1000 **ml** Setelah Dimasukkan Benda

Berdasarkan prinsip Archimedes, gaya apung $(V_{L1} - V_{L0}) \rho_{fluida} g$ diimbangi oleh gaya gravitasi ke bawah $m_s g$ yang diberikan pada gelas ukur 500 **ml**, sehingga massa gelas ukur 500 **ml** sama dengan:

$$m_s = (V_{L1} - V_{L0}) \rho_{air} \dots \dots \dots (8)$$

artinya tingkat volume fluida gelas ukur 500 **ml** yang terapung lebih kecil dari $V_{L1} - V_{L0}$. Volume yang hilang mewakili volume yang dipindahkan dari gelas ukur 500 **ml**.

Benda dengan massa (m_b) yang tidak diketahui diletakkan di gelas ukur 500 **ml**, terdapat kenaikan tingkat fluida pada gelas ukur 1000 **ml**. Kenaikan volume disimbolkan dengan V_{Lb} (Gambar 2.4.c). Berdasarkan prinsip Archimedes gaya apung $(V_{Lb} - V_{L1}) \rho_{fluida} g$ adalah diimbangi oleh gaya gravitasi ke bawah $m_b g$ diberikan pada benda sehingga massa benda sama dengan:

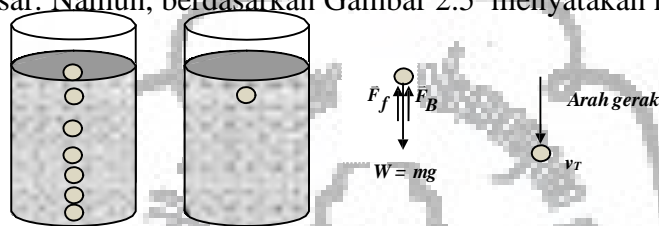
$$m_b = (V_{Lb} - V_{L1}) \rho_{fluida} g \dots \dots \dots (9)$$

Persamaan (9) merupakan besar massa benda diperoleh berdasarkan prinsip gaya apung dan diimbangi gaya gravitasi ke bawah g .

f. Kecepatan Terminal

Fenomena kecepatan terminal terkait dengan kondisi fluida dalam keadaan diam yaitu dalam keadaan setimbang mekanik. Artinya, resultan gaya yang bekerja harus sama dengan nol dan mencapai kecepatan terminal. Batu

dianggap sebagai benda bebas artinya dapat dikatakan bahwa aksi yang diberikan fluida terhadap batu diganti dengan gaya apung dan diilustrasikan pada Gambar 2.5. Terkait dengan kecepatan terminal, fenomena ini dapat teramati pada Gambar 2.5. pada saat benda dimasukkan dalam fluida (minyak). Jika hanya gaya gravitasi yang bekerja pada kelereng, kelereng akan bergerak dipercepat dengan percepatan sama dengan percepatan gravitasi g . Ini berarti, jarak antara dua kedudukan benda dalam selang waktu yang sama haruslah makin besar. Namun, berdasarkan Gambar 2.5 menyatakan hal yang berbeda.



Gambar 2.5. Kecepatan Terminal pada Kelereng

Mula-mula jarak antara kedua kelereng dalam selang waktu yang sama makin besar, tetapi mulai saat tertentu, jarak antara dua kedudukan kelereng dalam selang waktu yang sama adalah sama besar (lihat Gambar 2.5). Berdasarkan hal tersebut bahwa benda yang dijatuhkan bebas dalam minyak kecepatannya makin membesar sampai mencapai suatu kecepatan terbesar yang tetap. Kecepatan terbesar yang tetap ini dinamakan *kecepatan terminal*.

Gaya yang bekerja pada Gambar 2.5 selama geraknya, yaitu gaya berat, $W = m \cdot g$, gaya ke atas yang dikerjakan minyak F_B , dan gesekan yang dikerjakan minyak \bar{F}_f . Seperti telah dinyatakan, benda akan bergerak makin cepat sampai mencapai kecepatan terminal konstan. Pada saat kecepatan terminal v_T tercapai, gaya-gaya yang bekerja pada benda adalah seimbang dan dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Sigma \vec{F} &= 0 \\ + m\vec{g} - \vec{F}_B - \vec{F}_f &= 0 \\ \vec{F}_f &= m\vec{g} - \vec{F}_B \dots\dots\dots(10)\end{aligned}$$

Jika massa jenis benda ρ_b ; massa jenis minyak ρ_f dan volume benda V_b maka: Gaya apung ditulis sebagai $\vec{F}_B = V_b \rho_f \vec{g}$; berat benda ditulis sebagai

$mg = (V_b \rho_f)g$ dan gaya gesekan benda di dalam fluida diperoleh dari perbandingan koefisien viskositas fluida, jari-jari benda dan kecepatan gerak benda dituliskan dengan persamaan $\vec{F}_f = 6\pi\eta r \vec{v}$. Dengan memasukan besar ketiga gaya dalam persamaan (10) diperoleh:

$$\begin{aligned} 6\pi\eta r v_T &= \rho_b V_b g - \rho_f V_b g \\ 6\pi\eta r v_T &= V_b g (\rho_b - \rho_f) \\ v_T &= \frac{g V_b (\rho_b - \rho_f)}{6\pi\eta r} \dots\dots\dots(11) \end{aligned}$$

Persamaan (11) merepresentasikan kecepatan terminal v_T tercapai jika gaya-gaya yang bekerja pada benda adalah seimbang, makin cepat gerakan dari bola, maka makin besar gaya gesekannya sehingga pada jarak tertentu gaya berat dari bola itu tepat seimbang dengan gaya gesekan sehingga tidak terjadi percepatan pada gerakan bola. Hal ini menyebabkan bola bergerak dengan kecepatan tetap.

g. Berat Jenis

Berat jenis adalah perbandingan berat benda terhadap volume benda itu sendiri atau dituliskan dalam bentuk persamaan:

$$\rho_w = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(12)$$

Besar berat jenis tergantung percepatan gravitasi dan letak benda terhadap pusat bumi. Berat jenis dipengaruhi oleh suhu benda, namun tekanan juga dapat berpengaruh, bergantung dari banyaknya benda. Secara umum, pada tekanan yang sedang, faktor tekanan tidak berpengaruh kepada nilai berat jenis selain faktor lain. Terkait dengan suhu, berat jenis relatif adalah sama dengan berat jenis absolut bila sebagai pembanding adalah air pada suhu 4⁰ C (pada suhu 4⁰ celsius air memiliki massa jenis terbesar).

Berat jenis rata-rata tiap benda (ρ_w) merupakan total berat ($W = mg$) dari suatu benda dibagi dengan total volumenya, atau dapat dituliskan dengan persamaan:

$$\rho_w = \frac{W}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g \dots\dots\dots(13)$$

Persamaan (12) dan (13) bermakna bahwa berat jenis tiap benda dapat berubah-ubah dimana dalam tiap perhitungan berat jenis ditekankan pada berat. Berat benda bisa berubah, tergantung dimana letak benda tersebut berada dan sesuai dengan letak benda itu terhadap pusat bumi. Hal ini disebabkan adanya perbedaan besar gaya gravitasi bumi yang bergantung pada jarak pusat massa terhadap bumi. Sebagai contoh, berat benda di bumi pasti akan berbeda dengan berat benda di bulan. Karena gravitasi di dua tempat tersebut berbeda, dimana gravitasi di permukaan bumi $9,8 \text{ m/det}^2$ sedangkan di bulan $4,6 \text{ m/det}^2$.

h. *Spesific Gravity*

Berat jenis suatu benda dipengaruhi oleh karakteristik bahan dimana nilai gravitasi khusus (*specific gravity*) merupakan perbandingan massa jenis bahan dengan massa jenis fluida. Gravitasi khusus suatu zat dapat diperoleh dengan membagi kerapatannya dengan 103 kg/m^3 (massa jenis air pada suhu 4°C), nilai gravitasi khusus lain disajikan pada Tabel 2.2. Gravitasi khusus tidak memiliki satuan dan dimensi. Apabila massa jenis suatu benda lebih kecil dari massa jenis fluida, maka benda akan terapung. Gravitasi khusus benda yang terapung lebih kecil dari 1. Sebaliknya jika massa jenis suatu benda lebih besar dari massa jenis fluida, maka gravitasi khususnya lebih besar dari 1. Untuk kasus ini benda tersebut akan tenggelam. Gravitasi khusus (ρ_r) yang dijadikan standar acuan atau dapat dituliskan dengan persamaan:

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_w} \dots\dots\dots(14)$$

Jika volume air sama dengan volume benda yang diletakkan dalam wadah berisi fluida maka gravitasi khusus (ρ_r) pada persamaan (14) dapat dituliskan dengan

persamaan:

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_w} = \frac{\rho_b V g}{\rho_w V g} = \frac{W_b}{\bar{F}_A} = \frac{W_b}{W_b - W_{app}}$$

$$\rho_r = \frac{m_b}{m_b - m_{app}} \dots\dots\dots(15)$$

Persamaan (15) merupakan gravitasi khusus dimana besarnya volume fluida sama dengan volume benda yang diletakkan dalam wadah berisi fluida. Artinya berat jenis tiap benda dapat berubah-ubah dimana dalam tiap perhitungan berat jenis ditekankan pada berat. Berat benda bisa berubah, tergantung dimana letak benda tersebut berada dan sesuai dengan letak benda itu terhadap pusat bumi. Berat jenis dan gravitasi khusus beberapa jenis zat disajikan pada Tabel 2.8 berikut.

Tabel 2.8. Besar Berat Jenis dan Gravitasi Khusus Benda dan Gas

Nama Benda	Berat jenis		Gravitasi Khusus
	Lb/ft ³	Kg/m ³	
Air	62,4	1000	1
Aluminium	168	2690	2,7
Tembaga	560	8980	8,98
Beton	112	1790	1,8
Gabus	15	240	0,24
Gelas	175	2800	2,8
Mercury	848	13570	13,6
Minyak	48,6	78	0,78
Baja	486	7780	7,8
Kayu Oak	50	800	0,8
Kayu Pinus	34,2	550	0,55
Udara	0,0807	1,293	1
Amonia	0,482	0,769	0,596
CO ₂	0,1234	1,98	1,53
Hidrogen	0,0056	0,0896	0,069
Oksigen	0,0892	1,428	1,105

Tabel 2.8 menggambarkan besar gravitasi khusus benda dan gas yang dapat dijadikan pedomanan menentukan benda terapung atau tenggelam.

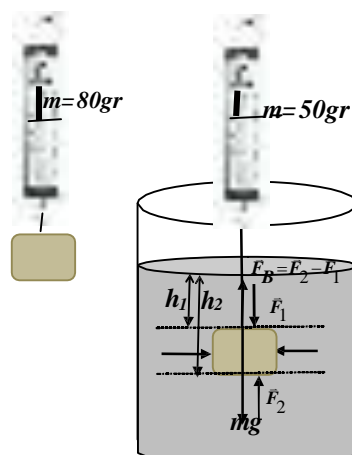
i. Gaya-gaya yang bekerja pada fluida diam

Fluida memberikan tekanan hidrostatik yang besarnya $P_1 = \rho g h_1$ pada bagian atas benda (Gambar 2.6). Gaya yang berhubungan dengan tekanan ini adalah $\bar{F}_1 = \rho_1 A = \rho_f g h_1 A$ berarti ke bawah. Dengan cara yang sama fluida melakukan tekanan hidrostatik dengan arah keatas yang besarnya

$\vec{F}_2 = \rho_2 A = \rho_f g h_2 A$. Resultan kedua gaya ini adalah gaya apung \vec{F}_B dimana besarnya dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\vec{F}_B &= \vec{F}_2 - \vec{F}_1 \\ &= \rho_f g h_2 A - \rho_f g h_1 A \\ &= \rho_f g A (h_2 - h_1) \\ &= \rho_f g A h \\ &= \rho_f g V_{bf} \quad \dots\dots\dots(16)\end{aligned}$$

Perhatikan $\rho_f V_{bf} = M_f$ didefinisikan sebagai massa fluida yang dipindahkan oleh benda; $\rho_f V_{bf} g = M_f g$ sebagai berat fluida yang dipindahkan oleh benda. Berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan gaya apung \vec{F}_B yang dikerjakan fluida pada benda sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda. Pernyataan ini berlaku sembarang bentuk benda, dan dinyatakan sebagai hukum Archimedes. Terkait hal itu, gaya apung dapat dituliskan sebagai $\vec{F}_B = M_f g$ dengan M_f didefinisikan sebagai massa fluida yang dipindahkan oleh benda sehingga didapat persamaan (5). Selanjutnya, ρ_f didefinisikan sebagai massa jenis fluida dan V_{bf} sebagai volume benda yang tercelup dalam fluida. Jika benda tercelup seluruhnya maka V_{bf} sama dengan volume benda, tetapi jika volume benda hanya tercelup sebagian maka V_{bf} sama dengan volume benda yang tercelup dalam fluida saja atau dapat ditulis $V_{bf} < \text{volume benda}$.



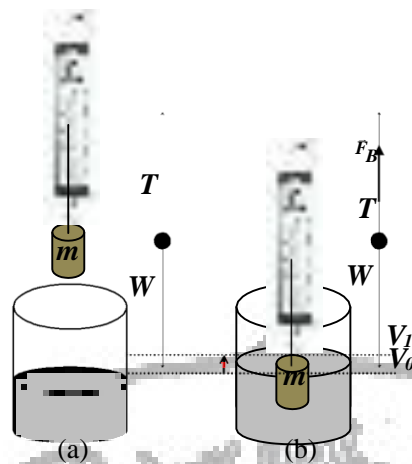
Gambar 2.6. Gaya yang Bekerja pada Benda dalam Fluida Diam

Gaya apung merupakan gaya yang bekerja pada fluida atau resultan gaya yang bekerja terhadap benda oleh fluida tempat benda terendam. Gaya apung selalu bereaksi vertikal ke atas (Gambar 2.6.) artinya tidak mungkin terdapat komponen horizontal dari resultan gayanya. Gaya-gaya yang bekerja pada permukaan tiap elemen fluida berasal dari tekanan, dimana tekanan merupakan besaran skalar sehingga bekerja kesemua arah dengan harga yang sama besar. Vektor luas selalu menunjukkan kearah yang normal terhadap permukaan, dan besarnya sama dengan luas itu sendiri. Jadi, gaya yang terjadi akibat tekanan adalah sebuah vektor yang besarnya adalah hasil kali antara tekanan dan luas serta mempunyai arah yang normal terhadap luas permukaan yang bersangkutan.

Pernyataan di atas mengilustrasikan bahwa fluida menggunakan tekanan ke semua arah. Artinya pada titik tertentu dalam fluida yang diam, tekanan sama untuk semua arah. Tekanan pada salah satu sisi harus sama dengan tekanan pada sisi yang berlawanan, Jika tidak sama, jumlah gaya yang bekerja tidak akan sama dengan nol, dan benda akan bergerak sampai tekanan yang bekerja menjadi sama. Hal lain yang berlaku pada fluida yang diam adalah gaya yang disebabkan oleh tekanan fluida selalu bekerja secara tegak lurus terhadap setiap permukaan yang bersentuhan.

j. Gaya Apung

Selain Persamaan (16) gaya apung suatu benda dapat ditentukan menggunakan persamaan sederhana yang dihasilkan dari percobaan sederhana: Benda digantungkan di udara menggunakan tali yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 (a), tegangan tali (T) sama dengan berat benda ($W = mg$ atau $mg = (V_b \rho_f)g$). Jika benda diletakkan dalam wadah berisi air seperti pada Gambar 2.7 (b).



Gambar 2.7 (a) Benda Tergantung dengan Menggunakan Tali Dimana $t=w$; (b) Benda yang Diletakkan dalam Wadah Berisi Air

Berdasarkan Gambar 2.7 (b) \vec{F}_B benda adalah:

$$T = W - \vec{F}_B \dots\dots\dots(17)$$

T sebagai "berat benda saat tenggelam", karena adanya gaya tarik ke bawah dari tali pada posisi setimbang. Berat (W) berat benda pada saat di udara seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7 (a). Ketika benda dimasukkan ke dalam wadah berisi air, pengukuran akan mewakili tegangan pada tali (T). Perbedaan antara kedua pengukuran ini menghasilkan gaya apung (\vec{F}_B). Dengan memperhatikan bahwa volume air yang dipindahkan sama dengan volume benda tenggelam, diperoleh persamaan (7) berasal dari persamaan (4) dan (5):

$$\frac{W}{\rho_m g} = \frac{\vec{F}_B}{\rho_{m \text{ fluida}} g} \dots\dots\dots(18)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (17) menjadi:

$$\frac{W}{\rho_m} = \frac{W - T}{\rho_{m \text{ fluida}}} \dots\dots\dots(19)$$

Massa jenis suatu benda diperoleh dengan menggunakan persamaan (19) dengan $(\rho_m)_{\text{fluida}}$ adalah massa jenis air $1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, W adalah berat benda di udara dan T adalah tegangan tali saat benda tenggelam.

k. Hubungan Gaya Apung dengan Volume Fluida

Volume fluida dapat diukur dengan bantuan silinder, pipet, dan buret. Pengukuran volume benda padat tidak sesederhana seperti mengukur volume fluida. Ketika berhadapan dengan benda padat seperti kubus, silinder, atau prisma, sangat mungkin untuk menghitung volume dengan mengukur dimensi benda tersebut. Beberapa persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung volume benda padat : kubus ($V = p^3$); prisma persegi panjang ($V = plt$); bola ($V = \frac{4}{3} \pi r^3$); silinder ($V = \pi r^2 h$); dan limas ($V = \frac{1}{3} \pi h (r_{12}^2 + r_1 r_2 + r_{22}^2)$)

Volume fluida dinyatakan dalam mililiter (mL) sedangkan volume yang dihitung dari geometri benda dalam sentimeter kubik (cm^3 atau cc) (dimana 1 mL sama dengan 1 cm^3). Dalam kasus benda berbentuk tidak beraturan, volume benda dapat dihitung dengan menggunakan metode perpindahan fluida. Jika kita mengisi fluida pada tabung berbentuk silinder 100 mL ke tanda 50 mL lalu diletakkan benda tenggelam maka tingkat fluidanya akan naik ke tanda baru. Perbedaan antara dua tingkat fluida mewakili volume benda. Metode penentuan volume ini mudah dilakukan karena tingkat keakurasinya. Untuk benda terapung perlu memastikan bahwa semua permukaan benda benar-benar terendam dalam fluida dengan mendorongnya ke bawah. Prinsip Archimedes adalah benda yang sebagian atau seluruhnya terendam dalam fluida akan memiliki gaya yang sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda itu dapat dituliskan:

$$W = (\rho_m g) V \dots\dots\dots (20)$$

Jadi, menurut prinsip Archimedes, gaya apung (F_B) pada benda yang terendam fluida besarnya $F_B = \text{berat fluida yang dipindahkan} = (\rho_m)_{\text{fluida}} g V \dots\dots (21)$

dimana $(\rho_m)_{\text{fluida}}$ adalah massa jenis massa fluida dan V adalah volume fluida yang dipindahkan.

Besarnya gaya apung dari benda yang dicelupkan ke dalam fluida digunakan persamaan:

$$\begin{aligned} \vec{F}_B &= W_{\text{udara}} - W_{\text{fluida}} \\ \vec{F}_B &= \rho_f g V \dots\dots\dots (22) \end{aligned}$$

Jika pada saat benda ditimbang di udara memiliki massa (m_1) lalu di timbang dalam wadah berisi air (m_2), gaya apung dituliskan sebagai berikut:

$$\vec{F}_B = W_{udara} - W_{air}$$

$$\vec{F}_B = \rho_f g V$$

$$\vec{F}_B = \left(\frac{m_1 - m_2}{V} \right) g V$$

$$\vec{F}_{B\ air} = (m_1 - m_2) g \dots\dots\dots(23)$$

Apabila benda ditimbang di dalam fluida lain (Tabel 2.6) didapatkan massa m_3 , gaya apung dituliskan sebagai berikut:

$$\vec{F}_B = W_{udara} - W_{fluida\ "x"}$$

$$\vec{F}_B = \rho_f g V$$

$$\vec{F}_B = \left(\frac{m_1 - m_3}{V} \right) g V$$

$$\vec{F}_{B\ fluida\ "x"} = (m_1 - m_3) g \dots\dots\dots(24)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (23) dan (24) maka diperoleh persamaan untuk menentukan massa jenis benda:

Dengan $\rho_{air} = 1 \text{ gr/cm}^3$, $\vec{F}_B = \rho_f g V$, sehingga $\vec{F}_B = 1 g V$ maka:

$$(m_1 - m_2) g = V g$$

$$m_1 - m_2 = V$$

$$m_1 - m_2 = \frac{m_1}{\rho_{benda}}$$

$$\rho_{benda} = \frac{m_1}{(m_1 - m_2)} \dots\dots\dots(25)$$

Dengan menyederhanakan persamaan (23) dan (25) lalu disubstitusikan diperoleh persamaan (26) untuk menentukan masaa jenis fluida:

$$\vec{F}_B = \rho_f g V$$

$$(m_1 - m_3) g = \rho_f V g$$

$$(m_1 - m_3) = \rho_f V$$

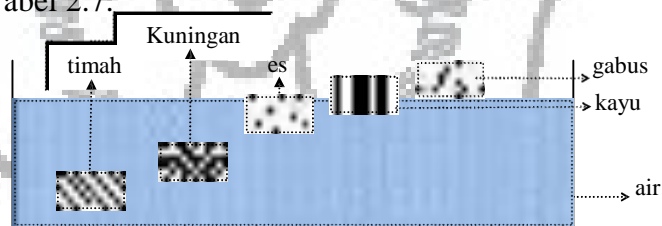
$$(m_1 - m_3) = \rho_f (m_1 - m_2)$$

$$\rho_{fluida} = \frac{(m_1 - m_3)}{m_1 - m_2} \dots \dots \dots (26)$$

Persamaan (26) menggambarkan massa jenis fluida jika berada di dalam fluida lain (seperti pada Tabel 2.1.) diperoleh melalui perbandingan antara selisih antara massa benda yang ditimbang di fluida lain dengan massa benda yang ditimbang di udara terhadap selisih massa benda yang ditimbang dalam air dengan massa benda yang ditimbang di udara.

Terapung, Tenggelam dan Melayang

Peristiwa terapung, tenggelam, dan melayang ketika suatu benda diletakkan dalam wadah berisi air tersaji pada Gambar 2.8 dan besar massa jenis tiap benda dapat dilihat pada Tabel 2.7.

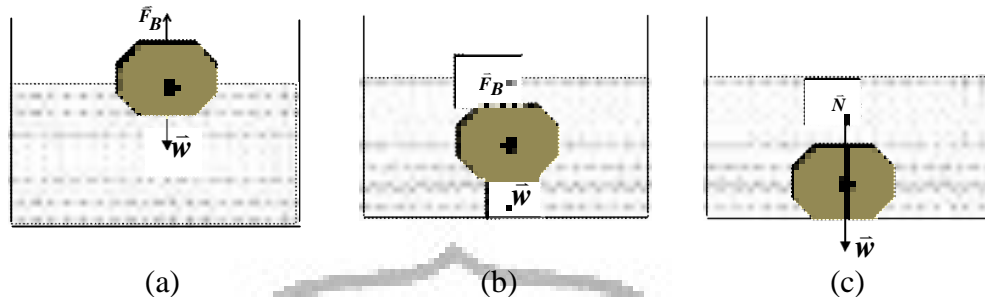


Gambar 2.8. Fenomena Terapung, Tenggelam dan Melayang

Gambar 2.8 mengilustrasikan benda terapung, tenggelam atau melayang hanya ditentukan oleh massa jenis rata-rata benda dan massa jenis zat cair. Jika massa jenis rata-rata benda lebih kecil daripada massa jenis zat cair, benda akan **mengapung** di permukaan zat cair. Jika massa jenis rata-rata benda **lebih besar** daripada massa jenis zat cair, benda akan **tenggelam** di dasar wadah zat cair. Jika massa jenis rata-rata benda **sama** dengan massa jenis zat cair, benda akan **melayang** dalam zat cair di antara permukaan dan dasar wadah zat cair.

Peristiwa mengapung, tenggelam, dan melayang juga dapat dijelaskan berdasarkan konsep gaya apung dan berat benda. Pada suatu benda yang tenggelam sebagian atau seluruhnya dalam zat cair, bekerja gaya apung (F_B). Dengan demikian, pada benda yang tenggelam dalam zat cair bekerja dua buah

gaya: gaya berat \vec{w} dan gaya apung \vec{F}_B . Gambar 2.9 mengilustrasikan gaya berat dan gaya apung yang bekerja pada benda yang diletakkan dalam wadah berisi air.



Gambar 2.9. Gaya - Gaya yang Bekerja pada Benda Terapung, Melayang dan Tenggelam

Pada benda terapung dan melayang terjadi keseimbangan antara berat benda \vec{w} dan gaya apung \vec{F}_B dan dapat dituliskan:

$$\begin{aligned}\Sigma \vec{F} &= 0 \\ \vec{F}_B - \vec{w} &= 0 \\ \text{atau} \\ \vec{w} &= \vec{F}_B \dots\dots\dots(27)\end{aligned}$$

Pada benda terapung, melayang dan tenggelam pada Gambar 2.9 berlaku hukum I Newton, karena keadaan (a) terapung, (b) melayang, dan (c) tenggelam benda dalam keadaan diam, sehingga gaya ke atas sama dengan berat. Pada kondisi benda (c), gaya tekan ke atas diabaikan terhadap benda karena nilainya sangat kecil ($F_B \ll w$) dan kondisi benda bersentuhan dengan dasar wadah, sehingga gaya-gaya yang bekerja adalah gaya normal dan berat pada kondisi benda (c) juga berlaku hukum III Newton.

Pada benda yang tenggelam, berat \vec{w} lebih besar daripada gaya apung \vec{F}_B dan dapat dituliskan: syarat benda terapung $\vec{w} = \vec{F}_B$ dan benda tenggelam $\vec{w} > \vec{F}_B \dots\dots\dots(28)$

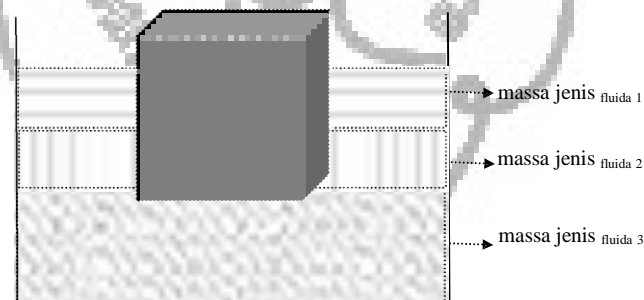
Dengan memperhatikan bahwa syarat benda terapung sama dengan benda melayang, yaitu berat benda sama dengan gaya apung ($\vec{w} = \vec{F}_B$), namun memiliki perbedaan pada volume benda yang tercelup dalam fluida: benda terapung hanya

sebagian benda yang tercelup dalam fluida sehingga $V_{bf} < V_b$, sedangkan benda melayang seluruh bagian benda tercelup dalam fluida sehingga $V_{bf} = V_b$

Lebih jelas dijabarkan tentang peristiwa terapung, berdasarkan konsep gaya apung (\vec{F}_B), syarat benda terapung dinyatakan oleh $\vec{w} = \vec{F}_B$, dimana pada peristiwa terapung volume benda yang tercelup dalam fluida lebih kecil pada volume benda seluruhnya $V_{bf} < V_b$, secara lengkap dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\vec{w} &= \vec{F}_B \\ (\rho_b V_b)g &= \rho_f V_{bf} g \\ \rho_b &= \frac{\rho_f V_{bf}}{V_b} \dots\dots\dots(29)\end{aligned}$$

Persamaan tersebut berlaku untuk benda terapung dalam satu jenis fluida misalnya air. Jika benda terapung dalam fluida yang berbeda seperti Gambar 2.10,



Gambar 2.10. Peristiwa benda terapung dalam fluida berbeda

Untuk kasus ini persamaannya dapat ditulis $\rho_b = \frac{\rho_f V_{bf}}{V_b}$, dengan pembilang

$\rho_f V_{bf}$ diperoleh dari:

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{\Sigma \rho_f V_{bf}}{V_b} \\ \rho_b &= \frac{\rho_{f1} V_{bf1} + \rho_{f2} V_{bf2} + \rho_{f3} V_{bf3} + \dots}{V_b} \dots\dots\dots(30)\end{aligned}$$

Persamaan diatas secara fisis bermakan gerak dari benda dipengaruhi oleh besarnya gaya apung yang mendorong benda ke atas dan gaya berat yang menarik ke bawah.

B. Kajian Penelitian Yang Relevan

1. Faize dan Dahar (2012) melaporkan bahwa penelitiannya menyelidiki dampak instrumen tes kinerja siswa dimana materi tes yang diberikan berisi materi faktual dan konseptual. Terdapat perbedaan signifikan antara rata-rata kinerja *posttest* siswa di kedua kelompok. Kinerja siswa materi tes faktual dianalisis secara terpisah dari materi tes konseptual, ditemukan bahwa siswa pada kelas eksperimen menunjukkan kinerja lebih baik pada instrumen tes faktual, dan tidak ada perubahan signifikan pada instrumen tes konseptual. Sebelum dilakukan tes siswa terlibat dalam penulisan instrumen tes. Adapun contoh komponen tes faktual dan konseptual yang dikembangkan Faize dan Dahar (2012) tersaji pada Tabel 2.7. Instrumen tes faktual lebih banyak dijawab benar dibandingkan instrumen tes konseptual. Berdasarkan hasil penelitiannya, Faize dan Dahar (2012) memberikan kesempatan kepada peneliti lain untuk melakukan penelitian terkait teknik pengujian dan evaluasi instrumen tes konseptual.

Tabel 2.9. Contoh Instrumen Tes Faktual dan Konseptual

<i>Faktual</i>	<i>Konseptual</i>
<i>The lower fixed point in calibrating a thermometer is</i> A. -273 0 C B. 0 0 C C. 4 0 C D. 100 0 C	<i>A liquid-in-glass thermometer is used to measure the boiling point of water. The liquid in the thermometer is replaced by another liquid which expands more for the same temperature rise. The new thermometer will have</i> A <i>greater sensitivity and greater range.</i> B <i>greater sensitivity but less range.</i> C <i>the same sensitivity and the same range.</i> D <i>the same sensitivity but greater range.</i> (UCLES 2004, 5054/01/M/J/04/ Q17)

Terkait hal tersebut, penelitian Faize dan Dahar (2012) sebagai hasil penelitian yang relevan bagi peneliti karena sama-sama menyelidiki dampak tes kinerja dalam pembelajaran. Selain itu instrumen tes konseptual yang direkomendasikan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut oleh Faize dan Dahar (2012) sangat menarik untuk dikembangkan karena menuntut lebih banyak pemahaman terhadap konsep materi, pertanyaan yang berorientasi pada kinerja praktikum dan aplikasi pengetahuan. Berdasarkan hal tersebut, peneliti tertarik melakukan pengembangan instrumen penilaian dengan tujuan mengarahkan pada pemahaman konsep dan aplikasi

pengetahuan dalam rangka peningkatan kualitas produksi keterampilan berargumentasi siswa.

2. Rachel Marie Coon (2012), hasil penelitiannya melaporkan bahwa argumentasi dapat dalam bentuk informal seperti penulisan artikel jurnal, selama bagian utama dari argumen mengandung unsur *claim*, *warrant*, *data* dan *counter claim*. Lebih lanjut Rachel Marie Coon (2012) mengungkapkan tiga jenis penulisan argumen: laporan laboratorium, jurnal dan karangan narasi, merupakan hal paling penting untuk meningkatkan literasi sains siswa. Penelitian Rachel Marie Coon (2012) juga menggunakan rubrik argumentasi ilmiah untuk menilai penulisan laporan laboratorium dan jurnal. Hasil Penelitian Rachel Marie Coon (2012) menjadi rujukan peneliti sebagai penelitian yang relevan karena menggunakan argumen dasar untuk memproduksi keterampilan argumentasi yaitu *claim*, *data*, *warrant*. Rubrik yang dikembangkan Rachel Marie Coon (2012) pada Tabel 2.10 dijadikan dasar peneliti melakukan pengembangan komponen argumentasi yang mengandung unsur *claim*, *warrant*, *data* dan *counter claim*.

Tabel 2.10. *Rubric For a Scientific Argument In a Lab Report*

3- Exemplary	2-Proficient	1- Developing	0- Unacceptable
Arrangement of Lab Report Information and text are arranged in a format that is identified from the lab report information sheet. The lab report is arranged in the following manner: <ul style="list-style-type: none"> - Title - Introduction - Procedure - Results - Discussion - Conclusion - Resources 	Information and text are arranged in a format that is identified from the lab report information sheet. Only one section is out of order or is not included.	Information and text are not arranged in a format that is identified from the lab report information sheet. Two sections are out of order or not included.	Information and text are not arranged in a format that is identified from the lab report information sheet. Three or more sections are out of order or not included.

<p><i>Arrangement of Text-</i></p> <p><i>Text is arranged in a coherent, logical manner that is appropriate for the topic and specific audience identified in the lab report.</i></p>	<p><i>Text is arranged in a logical manner appropriate for the topic and audience identified in the lab report.</i></p>	<p><i>Text is arranged in a mostly logical manner.</i></p> <p><i>Paragraphs are put together well but lack a coherent "flow"</i></p>	<p><i>Text is not arranged in a logical manner.</i></p> <p><i>Paragraphs lack a coherent "flow".</i></p>
---	---	--	--

Disisi lain terdapat perbedaan dengan penelitian peneliti adalah 1) peneliti lebih mengarahkan produksi argumentasi pada penyelesaian tugas dalam bentuk penyelesain soal-soal, sedangkan Rachel Marie Coon pada penulisan laporan hasil praktikum/kegiatan laboratorium; 2) rubrik yang digunakan peneliti secara terstruktur lengkap diadopsi dari Toulmin (1958) dengan mengembangkan dibagian indikator pendukung komponen argumentasi, sedangkan Rachel Marie Coon (2012) hanya mengambil bagian *claim, evidance, data dan warrant*; 3) untuk pemberian skor kualitas berargumentasi peneliti lebih menekankan pelevelan kualitas berargumentasi siswa, sedangkan Rachel Marie Coon (2012) pemberian skor berjenjang (skor 3 jika *Exemplary*, skor jika *Proficient*, skor 1 jika *Developing*, dan skor 0 jika *Unacceptable*); 4) rincian deskripsi dari tiap kualitas berargumentasi siswa dikembangkan peneliti berdasarkan capaian pembelajaran dari materi fluida, sedangkan Rachel Marie Coon (2012) didasarkan pada tuntutan siswa mampu menulis laporan laboratorium, menulis jurnal dan karangan narasi; 5) peneliti hanya menyediakan beberapa artikel pendukung dan kajian teori terkait materi prinsip archimedes untuk menyusun pernyataan dalam rangka meningkatkan kualitas berargumentasi siswa; sedangkan Rachel Marie Coon (2012) menyediakan *handout* laporan laboratorium, menulis jurnal dan karangan narasi untuk siswa.

Tabel 2.11. *Handout for Students (Argumentative Lab Report)*

<p>Handout for Students (Argumentative Lab Report)</p> <p>Name: Lab #1 Water Chemistry</p> <p>Date:</p> <p>Main Question: Is it safe to assume that the dissolved oxygen levels in each sample are safe for public consumption?</p> <p>Background Knowledge: It is possible to test water samples for many different types of dissolved solids, dissolved oxygen, nitrates, phosphates and other contaminants. Each of these water contaminants can be dangerous, in specific levels. Distilled water is pure water, composed of H₂O only, without any contaminants. This lab focuses on dissolved oxygen, which is simply oxygen molecules (O₂), dissolved in water. Normally, in order to maintain all metabolic processes, all living creatures (except most deep ocean creatures), must have oxygen in one form or another to sustain life. Animals that live in water use dissolved oxygen for the metabolic processes.</p> <p>Objective: This laboratory is designed to improve your ability and understanding in water chemistry testing, as well as to give you an introduction to scientific data collection, graphing and analysis. You will gather water samples from various places around the school and community, and then test them for dissolved oxygen concentrations. As you gather data, you should carefully record your information in a data table so that you can organize and understand what you have found.</p> <p>(* Dissolved oxygen is measured in mg/L or ppm- milligrams per liter or parts per million*)</p> <p>Procedure: For this lab, you will be using a dissolved oxygen test kit. Make sure to follow the instructions for the procedure.</p> <p>Part A: Preparing materials for samples</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Your teacher will have calibrated the dissolved oxygen probe before the laboratory starts. 2. Collect all of your materials before you start sampling. 3. Rinse 5- 250 mL bottles thoroughly with distilled water. 4. From five different locations, fill all five bottles with water samples (Hint: You may collect from water faucets, the stream and other water supplies surrounding or in the school. You are not limited to these areas.) 5. Following the directions on the water test kit provided, determine the amount of dissolved oxygen present in each of the five water samples. 6. Record the concentration of dissolved oxygen determined and the temperature of each sample on the data table.
--

- Jonathan Osborne, Sibel Erduran & Shirley Simon (2001), penelitian memfokuskan pada: menilai strategi pembelajaran dan menentukan sejauh mana dapat meningkatkan pelaksanaan praktek pembelajaran dengan argumentasi dan menentukan sejauh mana pelajaran yang mengikuti strategi pelajaran dapat meningkatkan kualitas argumentasi siswa. Penelitian Jonathan Osborn et al (2001) menjadikan peneliti mengambil sebagai hasil

penelitian yang relevan adalah sama-sama fokus pada peningkatan kualitas produksi berargumentasi siswa. Dimana kualitas berargumentasi ditinjau pada proses berargumentasi yang membantu siswa untuk membangun keterampilan berargumentasinya, meskipun keliru, akan memberikan wawasan penting ke dalam bentuk dan jenis penalaran yang mendasari sains dan tahap awal untuk mengembangkan keterampilan berpikir. Perbedaan dengan penelitian peneliti adalah peneliti lebih mengarahkan kualitas produksi berargumentasi siswa pada penyelesaian tugas dengan mengarahkan pada penyelesaian soal dengan menggunakan makna fisis dari tiap penyelesaian masalah dalam soal. Sedangkan Jonathan Osborne, Sibel Erduran & Shirley Simon (2001), menekankan produksi argumentasinya pada kegiatan diskusi, menurut peneliti akan banyak argumen dibangun di mana siswa memberikan *data* atau *warrant* untuk *claim* orang lain selain itu siswa juga dapat mengelaborasi ide apa atau memperkuat sebuah ide/pernyataan.

4. Frey, Ellis, Bulgren, Hare and Ault (2015), penelitiannya memfokuskan pada pengembangan instrumen tes yang reliabel dan valid untuk kemampuan argumentasi ilmiah. Instrumen tes Argumentasi ilmiah dimaksudkan sebagai penilaian praktis struktur argumentasi ilmiah untuk siswa tingkat menengah. Berikut contoh instrumen tes yang dikembangkan oleh Frey, Ellis, Bulgren, Hare and Ault (2015), disajikan pada Tabel 2.12.

“In science, statements can be claims, facts, opinions or data. For each of the statements below, circle whether it is a claim, fact, opinion or data. Important: For this test, you don’t need to know whether a statement is actually true; just decide if the statement is stated as a fact, claim, opinion, or data.”

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa bukti menunjukkan bahwa 1) instrumen akhir memenuhi tujuan struktur tes argumentasi untuk identifikasi sub-skala yang diperlukan dan untuk pengembangan item keterampilan berargumentasi; 2) item tes ditulis oleh para ahli konten, guru sains dan ahli menulis argumentasi ilmiah; 3) data percontohan digunakan untuk item pilihan akhir dan revisi instrumen dikumpulkan dari sampel utama yang

mewakili populasi; 4) data dari sampel menunjukkan bahwa uji Argumentasi Ilmiah menghasilkan skor handal.; 5) hasil skor tes yang berkorelasi dengan instrumen *wellresearched (Cornell Critical Thinking Test)* yang mengukur konstruk yang sama. Penelitian Frey, Ellis, Bulgren, Hare and Ault (2015) menjadikan peneliti mengambil sebagai hasil penelitian yang relevan adalah sama-sama fokus pada peningkatan kualitas produksi berargumentasi siswa. Perbedaan yang mendasar dari penelitian yang dilakukan peneliti adalah peneliti tidak hanya mengungkap keterampilan berargumentasi dari struktur (sebatas pendefinisian) saja melainkan sampai ke muatan isi dari materi yang dijadikan bahan penelitian. Namun demikian, instrumen yang dikembangkan oleh Frey, Ellis, Bulgren, Hare and Ault (2015) dijadikan rujukan bagi peneliti bagaimana mengungkap keterampilan argumentasi siswa dari struktur Tabel 2.12. Instrumen tes Frey, Ellis, Bulgren, Hare & Ault (2015)

1. <i>Sound is a mechanical wave.</i>	<i>claim fact opinion data</i>
2. <i>Colgate toothpaste will increase enamel density.</i>	<i>claim fact opinion data</i>
3. <i>A diet high in whole grains will lead to a healthier heart.</i>	<i>claim fact opinion data</i>
4. <i>Gravity pulls objects towards the center of mass.</i>	<i>claim fact opinion data</i>
5. <i>A recent typhoon in the Philippines had wind speeds as high as 235 miles per hour.</i>	<i>claim fact opinion data</i>
6. <i>I believe teenage drivers should not be allowed to use cell phones</i>	<i>claim fact opinion data</i>

5. Chien-Hsien Chen and Hsiao-Ching She (2012), penelitiannya memfokuskan pada: 1) memeriksa kuantitas dan kualitas argumen ilmiah; 2) mengeksplorasi sifat dan tingkat perubahan konseptual dari pertanyaan pra argumentasi siswa; dan 3) memeriksa hubungan antara perubahan konseptual ilmiah dan kemampuan argumentasi. Instrumen tes yang digunakan *Physical Science Conception Test* (PSCT) adalah instrumen diagnostik pilihan ganda beralasan yang dikembangkan untuk mengukur tingkat perubahan konseptual siswa untuk konsep fisika. Berikut contoh instrumen tes yang dikembangkan Chien-Hsien Chen and Hsion-Ching She (2012), disajikan pada Gambar 2.1. Selain itu digunakan juga PSDAT adalah instrumen pilihan ganda beralasan yang dikembangkan untuk mengukur tingkat kemampuan argumentasi siswa yang melibatkan konsepsi fisika. Setiap pertanyaan berisi dua tingkatan. Tingkat pertama setiap pertanyaan

membutuhkan siswa untuk mengidentifikasi pernyataan dari wacana argumentasi pada skenario sebagai data yang benar, *claim*, *warrant*, *backing*, atau *rebuttal*, masing-masing, dan membenarkan mengapa mereka memilih pernyataan yang spesifik sebagai data yang benar, *claim*, *warrant*, *backing*, atau *rebuttal*. Wacana argumentasi dinilai menggunakan *analysis framework used for determining the quality of argument*. Penelitian Chien-Hsien Chen and Hsiao-Ching She (2012) menjadikan peneliti mengambil sebagai hasil penelitian yang relevan adalah sama-sama fokus pada peningkatan kualitas produksi berargumentasi siswa. Perbedaan yang mendasar adalah pada proses penilaian yang dilakukan, penilaian yang dilakukan peneliti secara *off line* sedangkan penelitian yang dilakukan Chien-Hsien Chen and Hsiao-Ching She (2012) secara *on line*. Penelitian Chien-Hsien Chen and Hsiao-Ching She (2012) dijadikan rujukan dalam pengembangan tes PSDAT adalah instrumen pilihan ganda beralasan yang dikembangkan untuk mengukur tingkat kemampuan argumentasi siswa yang melibatkan konsepsi fisika. Setiap pertanyaan berisi dua tingkatan. Tingkat pertama setiap pertanyaan membutuhkan siswa untuk mengidentifikasi pernyataan dari wacana argumentasi pada skenario sebagai data yang benar, *claim*, *warrant*, *backing*, atau *rebuttal*, masing-masing, dan membenarkan mengapa mereka memilih pernyataan yang spesifik sebagai data yang benar, *claim*, *warrant*, *backing*, atau *rebuttal*. Wacana argumentasi dinilai menggunakan *analysis framework used for determining the quality of argument* (Tabel 2.13). Perbedaan yang mendasar dari penelitian yang dilakukan peneliti adalah pada materi yang dikembangkan, selain itu peneliti akan memodifikasi instrumen *analysis framework used for determining the quality of argument* (Tabel 2.13) yang menjadi bagian pengembangan dari produk instrumen penilaian keterampilan berargumentasi.



Gambar 2.11. Contoh Instrumen Tes Yang Dikembangkan Oleh Chien-Hsien Chen And Hsion-Ching She (2012)

Tabel. 2.13. *Analysis Framework Used for Determining The Quality of Argument*

Components	Level	Definition	Examples
Claim	Level 1	An argument only consist with a claim without any data or fact	The greater the concentration, the faster the reaction is
	Level 2	An argument consists of a claim with data or fact	I saw that the greater the concentration of HCL, the faster the reaction with marble is. Thus I think that the greater the concentration, the faster the reaction is
warrant	Level 1	An argument only consists with a theory or principle without connection to the claim, or not clearly describes the theory	The more moluculus there are, the greate the opportunity for collision
	Level 2	An argument consists of a claim with theory or principle	The greater the concentration is, the faster the reaction is. It is because the more molecules there are, the greater the opportunity for collision
Backing	Level 1	An argument only consists with a backing without any connection to claim/warrant, or not cleary describe the connection among them.	I agree with David's idea, because I had a similar experience that producing oxygen experiment with high concentration of hydrogen peroxide.
	Level 2	An argument consists of a claim with backing, and or with data or warrant	I support Ann's idea, because I have done the concentration experiment (HCl react with marble), which proves that the greater intensity of the molecular collisions
Rebuttal	Level 1	An argument only consists of a weak rebuttal and without clearly explanation	I do not agree with Thomas's idea, because that some person who drink high concentration wine would not get drunk at

<i>Components</i>	<i>Level</i>	<i>Definition</i>	<i>Examples</i>
	<i>Level 2</i>	<i>An argument consists of a claim with clearly identifiable rebuttal</i>	<i>all</i> <i>I disagree with Jim's idea that the lower the concentration is, the faster the reaction is. The lower the concentration, the smaller the amount of molecules, thus the lower the opportunity for collision.</i>

6. Stapleton, Wu (2015), penelitian ini bertujuan menyoroti kebutuhan struktur fitur generik argumentatif terkait dengan kerangka kerja Toulmin dalam menilai EAP siswa. Temuan menunjukkan bahwa ketika struktur argumentasi baik, belum tentu kualitas penalaran juga baik. Penelitian ini telah mengungkapkan kompleksitas struktur argumentasi. Sistem penskoran baik secara struktur dan maupun substansi argumentasi akan mempersulit tugas guru. Terkait hal tersebut perlu ada kerangka penilaian argumentasi yang terintegrasi antara struktur dan substansi. Penelitian ini menyarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengarah pada: 1) pola hubungan antara struktur dan kualitas penalaran dalam esai argumentatif siswa dan faktor yang mempengaruhi hubungan. Jenis penelitian ini dapat meningkatkan pemahaman perkembangan berpikir kritis dan keterampilan argumentatif siswa, 2) selain mengidentifikasi kekurangan yang mungkin antara struktur dan substansi argumentasi siswa dan meningkatkan kriteria evaluasi terintegrasi, juga penting untuk menyelidiki dan mendiagnosa penyebab kekurangan untuk memfasilitasi pengembangan keterampilan berpikir argumentatif dan kritis siswa. Penelitian Stapleton, Wu (2015) menjadikan peneliti mengambil sebagai hasil penelitian yang relevan adalah sama-sama fokus pada peningkatan kualitas produksi berargumentasi siswa dengan mengembangkan kerangka penilaian keterampilan berargumentasi yang terintegrasi. Adapun rubrik yang dikembangkan Stapleton, Wu (2015) tersaji pada Tabel 2.14. Rubrik yang dikembangkan Stapleton, Wu (2015) akan dijadikan rujukan dalam mengembangkan instrumen penilaian keterampilan berargumentasi siswa secara terintegrasi dapat menilai struktur maupun substansi argumentatif. Adapun perbedaan yang mendasar dalam penelitian ini, yaitu peneliti mengembangkan rubrik instrumen penilaian

untuk materi fisika fluida, sedangkan Stapleton, Wu (2015) mengarahkan rubriknya pada materi EAP siswa.

Tabel 2.14: Rubrik Kualitas Keterampilan Berargumentasi

<i>Claim</i> (5%)	Skor: 5			Skor: 0	
	Mengajukan pernyataan			Tidak mengajukan pernyataan	
<i>Data</i> (25%)	Skor: 25	Skor: 20	Skor: 15	Skor: 10	Skor: 0
	a. menyediakan lebih dari satu alasan <i>claim</i> ; b. alasan diterima dan relevan	a. menyediakan beberapa alasan <i>claim</i> b. kebanyakan alasan diterima dan relevan, tapi satu atau dua lemah	a. menyediakan satu dua alasan <i>claim</i> b. beberapa alasan diterima tetapi tidak relevan	a. menyediakan satu alasan <i>claim</i> b. alasan lemah/ tidak relevan	a. tidak ada <i>claim</i> b. alasan tidak relevan
<i>Claim</i> alternatif (10%)	Skor: 10			Skor: 0	
	Memberikan <i>claim</i> alternatif			Tidak memberikan <i>claim</i> alternatif	
<i>Counter argument Data</i> (25%)	Skor: 25	Score: 20	Score: 15	Score: 10	Score: 0
	a. menyediakan beberapa alasan <i>claim</i> alternatif b. alasan <i>claim</i> alternatif diterima dan relevan	a. menyediakan beberapa alasan <i>claim</i> alternatif b. kebanyakan alasan <i>claim</i> alternatif diterima dan relevan, tapi satu atau dua lemah	a. menyediakan satu dua alasan <i>claim</i> alternatif b. beberapa alasan <i>claim</i> alternatif diterima tetapi tidak relevan	a. menyediakan satu alasan <i>claim</i> alternatif b. alasan <i>claim</i> alternatif lemah/ tidak relevan	a. tidak ada <i>claim</i> alternatif b. alasan <i>claim</i> alternatif tidak relevan
<i>Rebuttal claim</i> (10%)	Skor: 10			Skor: 0	
	Memberikan <i>rebuttal claim</i>			Tidak memberikan <i>rebuttal claim</i>	
<i>Rebuttal data</i> (25%)	Skor: 25	Skor: 20	Skor: 15	Skor: 10	Skor: 0
	a. memberikan sanggahan <i>claim</i> alternatif b. sanggahan diterima c. Kualitas sanggahan kuat dibandingkan dengan <i>claim</i> alternatif	a. memberikan sanggahan <i>claim</i> alternatif. b. sanggahan diterima, tetapi satu atau dua lemah c. Kualitas sanggahan lebih kuat dibandingkan <i>claim</i> alternatif, sementara satu atau dua sama dengan <i>claim</i> alternatif	a. memberikan sanggahan <i>claim</i> alternatif b. beberapa sanggahan diterima, tetapi beberapa lemah c. Kualitas sanggahan kuat dibandingkan <i>claim</i> alternatif, sementara beberapa lemah dibandingkan dengan <i>claim</i> alternatif	a. memberikan sanggahan dari beberapa <i>claim</i> alternatif b. beberapa sanggahan diterima; tetapi kebanyakan lemah. c. Kualitas sanggahan lemah dibandingkan dengan <i>claim</i> alternatif	a. tidak memberikan sanggahan b. tak satu pun sanggahan dapat membantah <i>claim</i> alternatif

Sumber: Stapleton, Wu (2015)

C. Kerangka Berpikir

Fisika merupakan salah satu mata pelajaran dalam rumpun IPA sehingga fisika diharapkan dapat memberikan pengalaman langsung kepada siswa untuk mampu memahami alam sekitar secara ilmiah. Salah satu kajian fisika yang memberikan pemahaman tersebut adalah materi fluida. Materi fluida erat kaitannya dengan karakteristik zat alir baik dalam keadaan diam maupun bergerak. Capaian pembelajaran materi fluida perlu diintegrasikan dengan penilaian yang menekankan pada apa yang seharusnya dinilai, baik proses maupun hasil dengan berbagai instrumen penilaian yang disesuaikan dengan tuntutan capaian pembelajaran.

Penilaian kinerja sebagai kegiatan penilaian dalam proses pembelajaran menuntut siswa memperagakan keterampilan dan membuat suatu karya yang melibatkan keterampilan berpikir dengan standar kinerja serta mengarahkan siswa mengaplikasikan pengetahuan konten dan keterampilan dalam bentuk tugas kinerja dengan kriteria penilaian. Penilaian kinerja memberikan kesempatan siswa berbagai tugas dan situasi untuk memperlihatkan kemampuan dan pemahaman siswa dalam mengaplikasikan pengetahuan dan keterampilan (Wiggins dalam Marzano, 1993). Selanjutnya Viyanti (2009) mengungkapkan bahwa penilaian kinerja dapat meningkatkan keterampilan generik dan penguasaan konsep fluida siswa. Selain itu, penilaian kinerja memiliki kekuatan dibandingkan dengan penilaian tradisional dikarenakan: 1) menyediakan evaluasi lengkap dan alamiah untuk beberapa macam penalaran, kemampuan lisan dan keterampilan-keterampilan fisik, 2) adanya kesepakatan antara guru dan siswa mengenai kriteria penilaian dan tugas-tugas yang akan dikerjakan, dan 3) menilai *outcomes* pembelajaran dan keterampilan-keterampilan kompleks (Viyanti, 2009). Terkait hal tersebut, penilaian kinerja disinyalir menjadi dasar bagi diproduksinya keterampilan berargumentasi siswa.

Keterampilan berargumentasi adalah suatu tindakan memfasilitasi penjelasan tentang representasi internal siswa mengenai fenomena, prinsip ilmiah dan pemahaman aktivitas kognitif ketika membangun pengetahuan. Perspektif penilaian memfasilitasi siswa untuk mampu memahami karya ilmunan, pola

pengetahuan sains, pembangunan proses sadar dan terencana, serta paham tentang fenomena alam membutuhkan penilaian yang dalam pelaksanaannya ada proses menumbuhkan keterampilan berargumentasi menjadi prioritas utama.

Proses menumbuhkan keterampilan berargumentasi dalam penilaian tidak terlepas dari hubungan antara pemikiran dan kinerja guru dalam kelas, dengan perspektif bahwa: 1) berargumentasi sebagai tindakan penting untuk membangun pengetahuan; 2) berargumentasi membangun sains, 3) secara eksplisit menggabungkan argumentasi dalam penilaian sebagai salah satu kompetensi yang harus dikembangkan dalam sains, 4) berargumentasi sebagai wahana mempromosikan kemampuan siswa untuk membenarkan hubungan antara data dan *claim*; dan 5) berargumentasi mempromosikan kerja ilmiah dimana siswa diperbolehkan untuk mengekspos pengetahuan dan membangun kesimpulan.

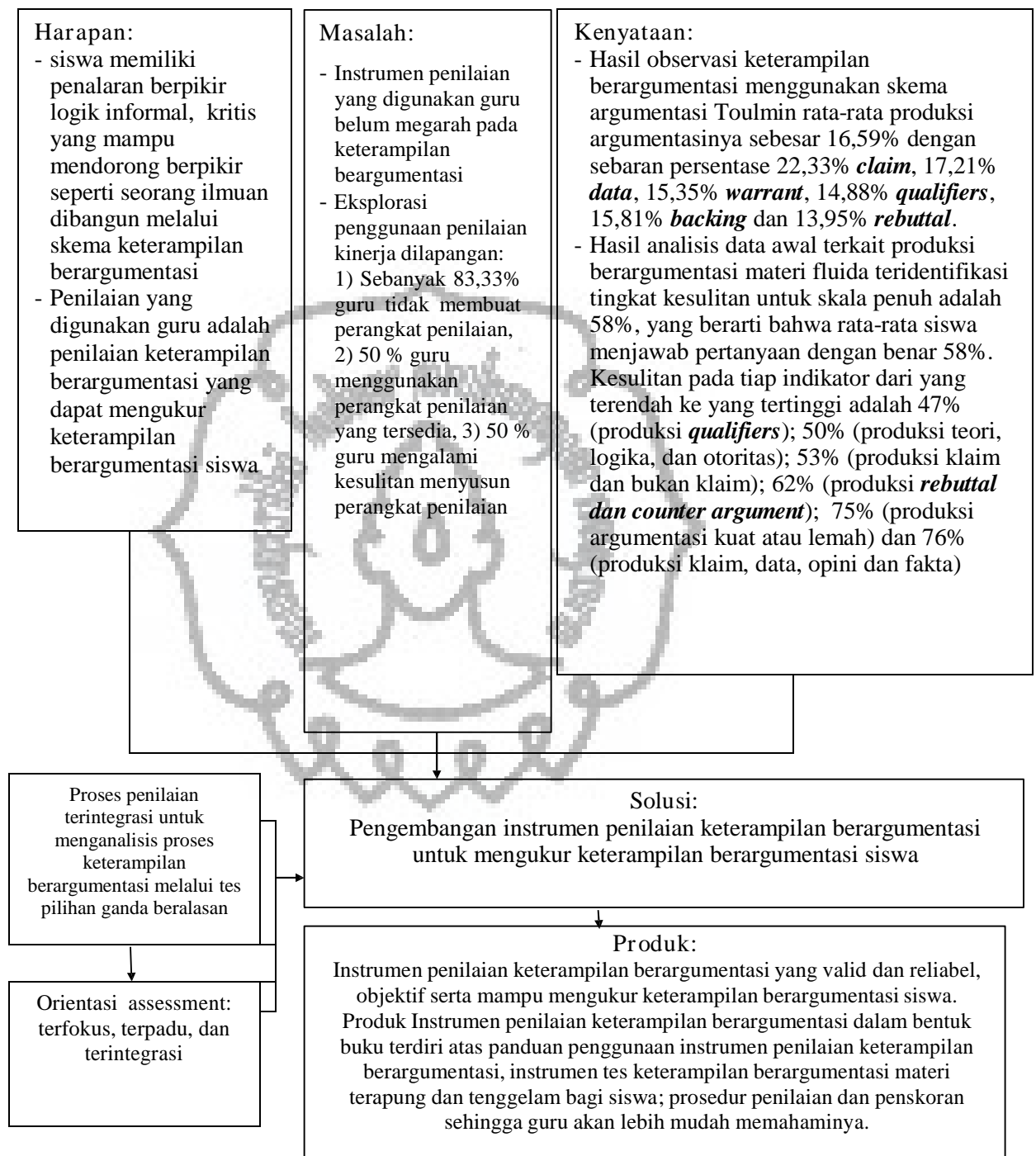
Berdasarkan hal tersebut dibutuhkan siswa yang mampu menghubungkan antara pola pemikiran tingkat tinggi dengan kondisi pembelajaran apapun. Namun kenyataannya, siswa yang berada di SMA wilayah Kota Bandar Lampung disinyalir: 1) memiliki kelemahan memberdayakan keterampilan berargumentasi; 2) hanya mampu berargumentasi untuk membedakan klaim, data, opini dan fakta namun elemen keterampilan berargumentasi lain masih perlu terus diperbaharui; 3) memiliki kecendrungan fokus memberdayakan *claim* tanpa memberdayakan seluruh elemen keterampilan berargumentasi, hal ini berdampak pada lemahnya pemahaman konsep materi terapung dan tenggelam pada siswa.; 4) kesulitan dalam memberdayakan keterampilan berargumentasi siswa untuk fase orientasi pada pembelajaran inkuiri; dan 5) konsistensi berargumentasi siswa membutuhkan tahapan pengerjaan yang jelas dan terukur untuk mempertimbangkan struktur logika (Viyanti, Cari, Sunarno, Prasetyo, 2015; 2016:4; 2016:34; 2015; Viyanti, Cari, Suparmi, Winarti, Budiarti, Handika, et al, 2017: 122)

Berdasarkan kondisi lapangan di wilayah kota Bandar Lampung diperlukan suatu upaya merancang instrumen penilaian keterampilan berargumentasi mengacu pada perspektif di atas menghasilkan siswa yang mampu: 1) mengungkap pembuktian ilmiah dalam membangun argumen yang baik; 2)

membuat komponen kunci berargumentasi; 3) menganalisis dan mengevaluasi pengetahuan; 4) mempersiapkan pembelajaran selanjutnya. Berdasarkan hal tersebut, keterampilan berargumentasi siswa dapat tumbuh secara efektif dengan diberikan bimbingan dan dukungan. Osborne *et al.* (2004: 250) menunjukkan bahwa memberikan siswa bimbingan membangun argumen secara struktur untuk menghasilkan keterampilan berargumentasi.

Paparan di atas menjadi dasar pengembang untuk mengembangkan instrumen penilai keterampilan berargumentasi yang dapat mengukur keterampilan berargumentasi berdasarkan indikator keterampilan berargumentasi hasil pengembangan yang valid dan reliabel. Terkait hal tersebut, kegiatan pengembangan instrumen penilaian keterampilan argumentasi dituangkan dalam kerangka berpikir yang tersaji pada Gambar 2.12.

Gambar 2.12 mengilustrasikan suatu harapan yang seharusnya terjadi pada siswa di kota Bandar Lampung yaitu memiliki penalaran berpikir logik informal, kritis yang dibangun melalui skema keterampilan berargumentasi dan dinilai dengan instrumen penilaian yang mampu mengukur keterampilan berargumentasi. Hal ini terkendala dengan minimnya penggunaan penilaian kinerja yang mampu membangun keterampilan berargumentasi oleh guru (83,33% guru tidak membuat perangkat penilaian) dengan teridentifikasinya 75% tingkat kesulitan peserta dalam memproduksi keterampilan berargumentasi. Berdasarkan hal tersebut perlu dicarikan solusi yang tepat dalam rangka menganalisis proses penilaian melalui tes pilihan ganda beralasan yang termuat dalam instrumen penilaian keterampilan berargumentasi. Paparan di atas mendasari perlunya dilakukan pengembangan instrumen penilaian keterampilan berargumentasi untuk pembelajaran fisika pada materi prinsip archimedes.



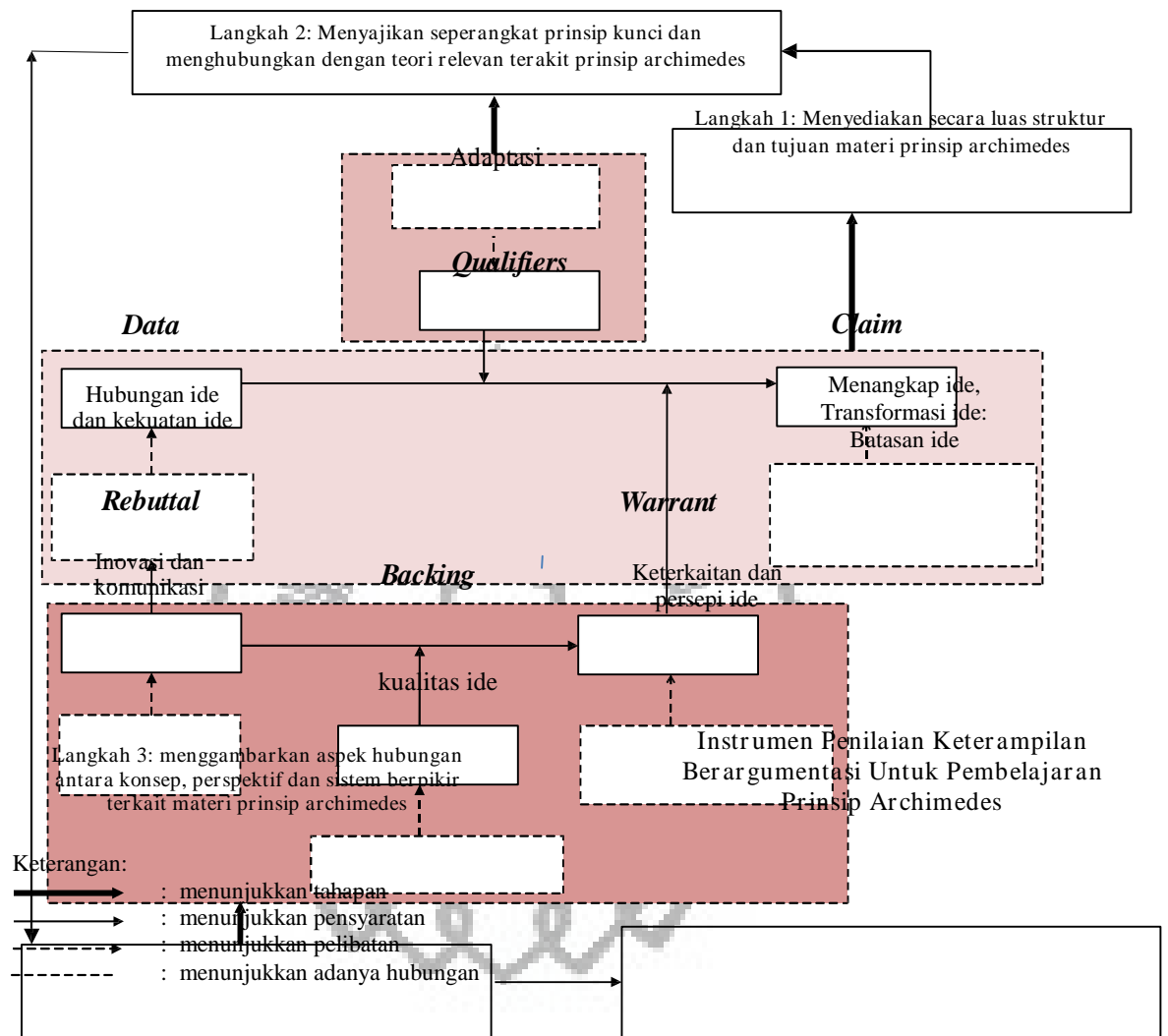
Gambar 2.12. Kerangka Berpikir

Dalam rangka menjawab dan memberikan solusi dari kerangka berpikir pada Gambar 2.12, pengembang telah menyusun panduan penggunaan instrumen penilaian terstruktur yang secara bersamaan mengukur keterampilan

berargumentasi dan strategi efektif untuk menerapkan keterampilan menyelesaikan tugas-tugas kinerja yang kompleks tersaji pada Gambar 2.13.

Gambar 2.13 mengilustrasikan tantangan bagi peneliti untuk mengantarkan siswa mempunyai pengetahuan, dan kepercayaan diri yang direpresentasikan dalam bahasa kognitif, menemukan apa yang belum siswa tahu, memberikan dasar konseptual yang di atasnya tumbuh pengetahuan, menerapkan pengetahuan dalam memecahkan permasalahan. Tantangan ini dituangkan dalam panduan penggunaan instrumen penilaian keterampilan berargumentasi yang mengakomodir siswa "memiliki" dan menerapkan konsep apa yang telah siswa pelajari, menumbuhkan rasa ingin tahu yang tinggi dan pertanyaan-pertanyaan konsep baru dalam pembelajaran.

Panduan penggunaan instrumen penilaian yang disajikan pada Gambar 2.13. sebagai satu kesatuan sistem yang menerapkan cara unik dan perspektif untuk menumbuhkan dalam diri siswa pemahaman yang lebih tentang bagaimana memahami dan mengelola perubahan berpikir. Harapannya panduan penggunaan Instrumen penilaian keterampilan berargumentasi efektif digunakan sebagai alat dan konsep membangun keterampilan dan kebiasaan berpikir dari waktu ke waktu untuk memperdalam konsep materi, membangun frame konseptual baru, dan meningkatkan rasa percaya diri siswa untuk menerjemahkan belajar ke dalam tindakan dalam rangka mempersiapkan generasi emas yang tangguh.



Gambar 2.13. Panduan penggunaan instrumen penilaian keterampilan berargumentasi untuk pembelajaran prinsip archimedes