

BAB 2 TINJAUAN TEORETIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Hasil Belajar

Crumb (1983) menyatakan bahwa hasil belajar adalah suatu perubahan perilaku yang menunjukkan berkembangnya kemampuan individu. Perubahan ini terbagi ke dalam tiga domain utama, yakni kognitif yang berkaitan dengan aspek berpikir, afektif yang mencakup sikap dan nilai, serta psikomotorik yang berhubungan dengan keterampilan fisik atau motorik. Hasil belajar menurut Kinta (2015) merujuk pada capaian nyata yang menunjukkan apa yang telah dikuasai, dipahami, serta dapat dilakukan oleh peserta didik setelah mengikuti suatu proses belajar. Fokusnya terletak pada *output* atau kemampuan akhir yang diperoleh, bukan pada lamanya pembelajaran itu sendiri. Sedangkan menurut Darfin et al., (2025) Hasil belajar adalah perubahan yang terjadi pada peserta didik sebagai hasil dari proses pembelajaran, mencakup aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik, yang mencerminkan pencapaian tujuan pembelajaran dan efektivitas pendidikan.

Dari ketiga definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil belajar merupakan perubahan yang terjadi pada peserta didik sebagai akibat dari proses pembelajaran, yang mencakup aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik. Hasil belajar juga dipandang sebagai bentuk pencapaian nyata terhadap tujuan pembelajaran, serta indikator dari efektivitas proses pendidikan. Fokus utamanya terletak pada apa yang telah diketahui, dipahami, dan mampu dilakukan siswa, serta mendukung pengembangan pembelajaran berkelanjutan.

Kemampuan kognitif merupakan fungsi mental yang berkaitan dengan proses berpikir, termasuk kemampuan dalam memahami, menalar, serta menyelesaikan masalah selama proses belajar (Rahmawati, 2024). Hasil belajar kognitif mendalam adalah kemampuan peserta belajar untuk memahami secara konseptual, mengintegrasikan informasi baru dengan pengetahuan sebelumnya, dan menerapkan serta mentransfer gagasan ke masalah baru dalam bentuk berpikir tingkat tinggi seperti analisis, evaluasi, dan kreasi (Rourke & Kanuka, 2009). Untuk mengukur dan mengklasifikasikan tingkat kemampuan berpikir siswa dalam ranah

kognitif, digunakan acuan dari Taksonomi Bloom yang telah direvisi. Taksonomi Bloom yang direvisi mencakup enam tingkat kognitif: C1 (mengingat), C2 (memahami), C3 (menerapkan), C4 (menganalisis), C5 (mengevaluasi), dan C6 (mencipta) (Syahri Ramdhani et al., 2024). Afektif adalah aspek emosional dalam hasil pembelajaran yang mencakup sikap, nilai, motivasi, dan perasaan siswa yang memengaruhi perilaku serta keterlibatan mereka dalam proses pendidikan, sehingga berdampak pada keberhasilan akademik dan pengembangan pribadi (Adetayo, 2014). Psikomotorik adalah aspek yang berkaitan dengan keterampilan atau kemampuan bertindak setelah memperoleh pengalaman belajar, yang menekankan penerapan praktis pengetahuan melalui aktivitas langsung, seperti pengukuran dan eksperimen dalam pembelajaran fisika (Dahlia et al., 2020).

Menurut Alhaji (2024) hasil belajar siswa dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti faktor pribadi (misalnya kebiasaan belajar dan motivasi), faktor dari guru (seperti cara berkomunikasi dan metode mengajar), serta faktor dari sekolah (termasuk lingkungan kelas dan ketersediaan sumber daya). Menurut Dinh dan Nguyen ("*Factors Affecting the Quality of Assessment of Learning Outcomes from the Perspective of Primary Education Students*," 2022) beragam aspek turut berkontribusi terhadap hasil belajar siswa, di antaranya adalah penerapan prinsip evaluasi, cara pemberian umpan balik, strategi dalam menyampaikan dan mengolah informasi, tingkat kepuasan siswa, kondisi pendukung pembelajaran, interaksi dengan komponen pengajaran, kemampuan melakukan refleksi diri, serta keseluruhan proses penilaian yang diterapkan.

Dapat disimpulkan bahwa hasil belajar siswa dipengaruhi oleh berbagai faktor yang dapat dikelompokkan ke dalam beberapa aspek utama. Faktor pribadi meliputi kebiasaan belajar dan motivasi siswa, sedangkan faktor dari guru mencakup kemampuan berkomunikasi dan metode pengajaran yang digunakan. Di sisi lain, lingkungan sekolah juga berperan penting, termasuk kondisi kelas dan ketersediaan sumber daya atau fasilitas yang mendukung proses pembelajaran. Selain itu, aspek evaluasi dan proses pembelajaran turut memberikan kontribusi signifikan, seperti penerapan prinsip penilaian, metode pemberian umpan balik, strategi penyampaian dan pengolahan informasi, tingkat kepuasan siswa, kondisi

yang memfasilitasi pembelajaran, interaksi dengan elemen pengajaran, kemampuan siswa dalam melakukan penilaian diri, serta keseluruhan proses penilaian yang diterapkan.

Hasil pembelajaran dalam kurikulum mandiri diukur melalui kombinasi penilaian diagnostik, formatif, dan sumatif, terintegrasi dengan proses pembelajaran, dan dicirikan oleh fleksibilitas dan teknik evaluasi yang beragam. Pendekatan komprehensif ini memastikan bahwa pendidik dapat secara efektif mengidentifikasi dan mendukung pembelajaran siswa (Ardiansyah et al., 2023). Evaluasi hasil belajar memiliki tujuan utama untuk mengetahui sejauh mana kemajuan yang dicapai oleh peserta didik serta menilai efektivitas metode pengajaran yang digunakan. Melalui evaluasi, pendidik dapat mengidentifikasi tingkat pencapaian kompetensi siswa dan menyesuaikan strategi pembelajaran yang lebih tepat. Selain itu, evaluasi juga memiliki fungsi penting sebagai dasar pengambilan keputusan bagi guru, kepala sekolah, maupun lembaga pendidikan. Fungsi ini membantu memastikan bahwa proses pembelajaran berlangsung secara bermakna dan tetap selaras dengan tujuan pendidikan yang telah dirancang. Dengan demikian, evaluasi bukan hanya alat ukur, tetapi juga sebagai sarana untuk meningkatkan kualitas pembelajaran secara menyeluruh (Fachri, 2018).

2.1.2 Penilaian Hasil Belajar

Penilaian hasil pembelajaran merupakan proses pengumpulan data mengenai pencapaian siswa dalam aspek sikap, pengetahuan, dan keterampilan, yang dilakukan secara terstruktur oleh pendidik untuk memantau perkembangan pembelajaran, mengukur pencapaian hasil, serta mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan guna meningkatkan kualitas pendidikan (Heriyati et al., 2023). Penilaian hasil pembelajaran adalah proses penilaian untuk menentukan apakah siswa telah mencapai tujuan pembelajaran yang ditetapkan dalam program akademik, dengan fokus pada pengukuran kompetensi dan keterampilan siswa, serta memastikan keselarasan antara konten kurikulum dan tujuan pendidikan yang diinginkan (Alyasin et al., 2023).

Dari definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa penilaian hasil pembelajaran adalah proses pengumpulan data dan penilaian yang dilakukan secara terstruktur

oleh guru untuk menentukan pencapaian siswa dalam aspek sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Penilaian ini berfokus pada pengukuran kompetensi siswa, memantau perkembangan pembelajaran, mengukur pencapaian tujuan akademik, serta memastikan keselarasan antara konten kurikulum dan tujuan pendidikan guna mengidentifikasi area perbaikan untuk meningkatkan kualitas pendidikan.

Menurut (Roqobih et al., 2024) Terdapat tiga jenis penilaian berdasarkan fungsinya: *assessment for learning*, *assessment as learning*, dan *assessment of learning*. *Assessment of Learning* digunakan di akhir unit pembelajaran untuk mengevaluasi pengetahuan dan keterampilan siswa, dengan fokus pada hasil belajar. *Assessment for Learning* bersifat formatif, memberikan umpan balik yang membantu siswa meningkatkan pembelajaran mereka selama proses berlangsung. Sementara itu, *Assessment as Learning* melibatkan siswa secara aktif dalam proses pembelajaran, mendorong mereka untuk melakukan penilaian diri dan refleksi guna memperdalam pemahaman. Setiap jenis penilaian memiliki peran yang berbeda dalam mendukung proses pendidikan, serta memberikan kontribusi pada pendekatan pembelajaran yang bervariasi.

Penelitian yang dilakukan oleh peneliti termasuk dalam kategori *Assessment of Learning*, yang bertujuan untuk mengevaluasi hasil belajar siswa di akhir proses pembelajaran. Instrumen penilaian yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang untuk mengukur hasil belajar siswa pada materi fluida secara menyeluruh.

2.1.3 Instrumen Penilaian

Magdalena, Arwindi and Hasan (2023) menyatakan bahwa instrumen penilaian dalam pendidikan merupakan alat yang dirancang untuk menilai hasil belajar siswa secara menyeluruh. Instrumen ini mencakup berbagai bentuk penilaian, seperti tes acuan patokan (*benchmark*) dan acuan norma, penilaian berbasis kinerja, serta penggunaan portofolio. Tujuan utamanya adalah untuk memastikan bahwa penilaian tersebut valid, andal, dan praktis, sehingga dapat memberikan gambaran akurat tentang kemampuan siswa. Instrumen ini juga membantu guru dalam menilai kompetensi siswa secara objektif serta mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pelaksanaan strategi pengajaran

yang lebih efektif. Melalui penggunaan instrumen penilaian yang tepat, guru dapat mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan dan memastikan bahwa setiap siswa memperoleh pemahaman yang optimal terhadap materi pembelajaran. Mead et al. (2019) berpendapat bahwa instrumen penilaian dalam pendidikan merupakan alat yang dirancang untuk mengukur pemahaman dan penerimaan konsep-konsep tertentu, seperti evolusi. Instrumen ini dapat menggunakan berbagai format, seperti skala Likert dan soal pilihan ganda, serta memerlukan bukti validitas dan reliabilitas untuk memastikan efektivitas penggunaannya di seluruh populasi siswa. Ssemakula, Liao and Sawilowsky (2018) menyampaikan bahwa instrumen penilaian dalam pendidikan adalah tes standar yang dirancang untuk menilai hasil pembelajaran siswa, dengan memastikan validitas psikometrik, reliabilitas, dan konsistensi internal.

Berdasarkan beberapa definisi yang dikemukakan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa instrumen penilaian dalam pendidikan adalah alat yang dirancang untuk mengukur dan menilai hasil pembelajaran siswa secara menyeluruh. Tujuan utamanya adalah untuk menjamin validitas, reliabilitas, dan konsistensi internal, sehingga dapat memberikan gambaran yang akurat tentang pemahaman dan pencapaian kompetensi siswa. Selain itu, instrumen ini membantu guru dalam membuat keputusan yang lebih tepat dalam perencanaan dan pelaksanaan pengajaran yang efektif.

Jenis-jenis instrumen dalam penilaian pembelajaran terbagi menjadi dua, yaitu bentuk tes (*closed-ended*) dan non-tes (*open-ended*). Tes bentuk *closed-ended* terdiri dari empat macam, yaitu: 1) Pilihan ganda, 2) Bentuk pilihan benar-salah, 3) Menjodohkan, dan 4) Isian singkat. Sementara itu, tes bentuk *open-ended* hanya terdiri dari satu jenis, yaitu tes uraian (esai). Tes uraian sendiri terbagi menjadi dua, yaitu: uraian terbatas dan uraian bebas (Zamzania & Aristia, 2018).

Dalam penelitian ini, peneliti akan menggunakan instrumen penilaian berbentuk tes (*closed-ended*), yaitu soal pilihan ganda. Bentuk tes pilihan ganda dipilih karena memiliki sejumlah kelebihan, antara lain proses penilaian yang cepat dan praktis, cakupan materi yang luas sehingga mampu mencakup berbagai aspek kompetensi, bersifat objektif, serta mampu mengukur berbagai tingkat kognitif

mulai dari pengetahuan dasar hingga analisis dan penerapan konsep. Selain itu, tes pilihan ganda juga efisien dalam waktu pengerjaan. Pilihan ganda memungkinkan penyusunan soal dengan variasi konteks dan tingkat kesulitan yang beragam sehingga dapat mengukur kemampuan berpikir siswa secara lebih komprehensif dan mendalam. Untuk memastikan hasil penilaian yang akurat dan objektif, aspek-aspek penting seperti validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda perlu diperhatikan dengan seksama dalam setiap butir soal. Dengan demikian, data yang diperoleh dapat menggambarkan pencapaian kompetensi siswa secara menyeluruh, valid, dan tepat sesuai dengan tujuan pembelajaran yang diharapkan.

Validitas mengacu pada kesesuaian dan kecocokan antara tes dengan objek yang diukur, sehingga tes yang valid dapat diartikan sebagai alat ukur yang tepat. Manfaat validitas terletak pada kemampuannya untuk memastikan bahwa tes benar-benar mengukur apa yang dimaksudkan untuk diukur, sehingga hasil yang diperoleh dapat menggambarkan kemampuan siswa secara akurat dan relevan dengan tujuan pembelajaran. Dengan adanya validitas yang baik, guru dapat lebih percaya diri dalam menggunakan hasil tes sebagai indikator pencapaian kompetensi siswa (Rahman & Nasryah, 2019).

Sementara itu, reliabilitas berarti instrumen yang dapat diandalkan, di mana hasil pengukurannya konsisten ketika digunakan berulang kali. Reliabilitas memberikan manfaat dalam hal konsistensi hasil pengukuran. Jika instrumen penilaian reliabel, maka hasil tes yang diberikan akan lebih dapat dipercaya, dan pengukuran tersebut dapat diulang dengan hasil yang serupa, meskipun dilakukan pada waktu yang berbeda atau oleh penguji yang berbeda. Hal ini penting untuk memastikan bahwa hasil penilaian tidak dipengaruhi oleh faktor-faktor yang tidak relevan (Rahman & Nasryah, 2019).

Sebuah soal dikatakan baik jika tidak terlalu mudah atau terlalu sulit. Soal yang terlalu mudah tidak mendorong siswa untuk berusaha lebih, sedangkan soal yang terlalu sulit dapat membuat siswa merasa putus asa. Tingkat kesukaran soal berfungsi untuk menjaga agar soal yang diberikan tidak terlalu mudah atau terlalu sulit, sehingga dapat merangsang siswa untuk berusaha mencapai hasil terbaik tanpa merasa putus asa. Soal yang memiliki tingkat kesukaran yang tepat dapat

membantu mengukur sejauh mana pemahaman siswa terhadap materi yang diajarkan, serta memberi umpan balik yang berguna bagi guru dalam menilai efektivitas pengajaran (Rahman & Nasryah, 2019).

Daya pembeda soal merujuk pada kemampuannya untuk membedakan siswa dengan kemampuan tinggi dan rendah. Daya pembeda soal sangat bermanfaat untuk mengidentifikasi perbedaan kemampuan di antara siswa. Soal yang memiliki daya pembeda yang baik dapat membedakan siswa yang memiliki pemahaman lebih baik dengan mereka yang belum memahami materi secara mendalam. Dengan demikian, guru dapat lebih mudah melihat kekuatan dan kelemahan individu siswa, yang membantu dalam merencanakan tindak lanjut pembelajaran yang lebih terfokus dan efektif (Rahman & Nasryah, 2019).

2.1.4 Analisis Instrumen Penilaian

Teori Tes Klasik (CTT) adalah pendekatan yang digunakan untuk menilai karakteristik psikometrik sebuah tes, dengan menitikberatkan pada faktor-faktor seperti tingkat kesulitan, daya diskriminasi, efektivitas pengecoh, serta reliabilitas (Rohmatdi et al., 2024). Dalam Teori Tes Klasik, skor mentah digunakan sebagai ukuran prestasi, namun penggunaannya memiliki beberapa kelemahan. Skor mentah sebenarnya bukan hasil pengukuran yang sebenarnya, melainkan sekadar informasi awal yang memiliki makna kuantitatif lemah. Selain itu, skor mentah tidak menunjukkan tingkat kemampuan seseorang terhadap tugas tertentu dan hubungan antara skor mentah serta persentase jawaban benar tidak selalu bersifat linier (Sumintono & Widhiarso, 2015).

Oleh karena itu, diperlukan pendekatan alternatif yang berbeda dari penggunaan skor mentah, terutama dalam konteks penilaian pendidikan. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kemampuan siswa serta mengevaluasi kualitas soal yang digunakan. Salah satu pendekatan yang bisa diterapkan adalah penggunaan model pengukuran Rasch (*Rasch model measurement*) terhadap data ujian mentah. Tujuannya adalah untuk menghasilkan skala pengukuran interval yang seragam, yang mampu memberikan informasi yang lebih akurat baik tentang peserta ujian maupun kualitas dari soal yang dikerjakan (Sumintono & Widhiarso, 2015).

Model Rasch adalah teknik statistik yang digunakan untuk menganalisis tingkat kesulitan item dan kemampuan siswa dalam penilaian, serta mengelompokkan soal berdasarkan tingkat kesulitan untuk mengevaluasi kemampuan pemecahan masalah siswa pada berbagai aspek, seperti linguistik, aljabar, dan aritmatika (Ting et al., 2024). Model Rasch merupakan alat statistik dalam teori *respons item* yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas instrumen tes, seperti tes matematika, dengan memetakan hasil dari item dan responden pada skala distribusi tunggal (Zafrullah et al., 2023). Model Rasch adalah pendekatan statistik yang diciptakan oleh Georg Rasch, digunakan untuk mengukur sikap, kinerja, atau persepsi, dan merupakan bagian dari teori respons item yang meningkatkan kualitas pengukuran, sangat relevan untuk penelitian pendidikan, terutama dalam pengembangan instrumen persepsi (Afriyanti, 2024). Dapat ditarik kesimpulan bahwa Model Rasch adalah metode statistik dalam teori respons butir yang dirancang oleh Georg Rasch untuk mengevaluasi dan mengukur kemampuan individu serta tingkat kesulitan item pada skala yang sama. Model ini berperan dalam meningkatkan kualitas instrumen pengukuran dalam berbagai bidang, terutama pendidikan, serta digunakan untuk menilai kinerja, sikap, dan persepsi.

Keunggulan dari Model Rasch dibandingkan metode lain, seperti Teori Tes Klasik, adalah kemampuannya memprediksi data yang hilang (*missing data*) berdasarkan pola respons yang teratur (seperti pada skalogram). Ini menghasilkan analisis statistik yang lebih presisi dalam menginterpretasi hasil ujian. Pada metode statistik lainnya, data yang hilang sering diperlakukan sebagai nol ('0'); jika persentase data yang hilang terlalu tinggi, hasil analisis cenderung kurang memuaskan. Sebaliknya, dengan fitur prediksi yang dimiliki, Model Rasch mampu memberikan estimasi nilai yang paling mungkin dari data yang hilang (Sumintono & Widhiarso, 2015).

2.1.5 Materi Fluida

2.1.5.1 Fluida Statis

1) Pengertian Fluida Statis

Fluida Statis adalah suatu keadaan dimana suatu fluida yang ada dalam keadaan diam (tidak bergerak) pada keadaan setimbang.

(a) Massa Jenis

Salah satu sifat penting dari suatu zat ialah kerapatan atau massa jenisnya. Istilah lainnya adalah densitas. Kerapatan atau massa jenis adalah perbandingan massa terhadap volume zat. Secara matematis ditulis:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Massa jenis suatu fluida yang homogen dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, terutama suhu dan tekanan. Satuan standar yang digunakan untuk mengukur massa jenis adalah kilogram per meter kubik (kg/m^3).

(b) Berat Jenis

Berat jenis adalah suatu perbandingan kerapatan suatu zat terhadap kerapatan air. Berat jenis suatu zat dapat diperoleh dengan membagi kerapatannya dengan 103 kg/m^3 (kerapatan air). Berat jenis tidak mempunyai dimensi. Apabila kerapatan sebuah benda lebih kecil dari kerapatan air, maka benda tersebut akan terapung. Berat jenis benda yang terapung lebih kecil dari 1. Sebaliknya, jika kerapatan suatu benda lebih besar dari kerapatan air, maka berat jenisnya lebih besar dari 1. Untuk kasus ini benda tersebut akan tenggelam.

2) Tekanan Dalam Fluida

Tekanan didefinisikan sebagai hasil perbandingan antara besarnya gaya tekan yang bekerja tegak lurus pada suatu permukaan dengan luas bidang tempat gaya tersebut bekerja.

Pada fluida statis, arah gaya selalu tegak lurus permukaan. Hukum III Newton mengatakan bahwa jika ada gaya aksi maka akan ada gaya reaksi yang besarnya sama tetapi berlawanan arah. Ketika fluida memberikan gaya aksi terhadap permukaan, di mana arah gaya tidak tegak lurus, maka permukaan akan memberikan gaya reaksi yang arahnya juga tidak tegak lurus. Hal ini akan menyebabkan fluida mengalir. Tapi kenyataannya fluida tetap diam. Jadi kesimpulannya, pada fluida diam, arah gaya selalu tegak lurus permukaan wadah yang ditempatinya. Sifat penting lain dari fluida diam adalah fluida selalu memberikan tekanan ke semua arah.

$$p = \frac{F}{A} \quad (2)$$

dimana :

p = tekanan pada suatu permukaan (N/m²
atau Pa)

F = gaya tekan (Newton, N)

A = luas bidang tekan (m²)

(a) Tekanan Hidrostatik

Gaya gravitasi menyebabkan zat cair dalam suatu wadah selalu tertarik ke bawah. Makin tinggi zat cair dalam wadah, makin berat zat cair itu, sehingga makin besar juga tekanan zat cair pada dasar wadahnya. Tekanan zat cair yang hanya disebabkan oleh beratnya sendiri disebut tekanan hidrostatik.

Tekanan pada fluida juga bergantung pada kerapatan atau massa jenis fluida atau zat cair itu sendiri. Jadi, ketika Anda menyelam pada zat cair yang kerapatannya lebih besar maka akan semakin besar tekanan hidrostatik yang Anda rasakan.

Misalnya, kita anggap zat cair terdiri dari beberapa lapis. Lapisan bawah ditekan oleh lapisan-lapisan di atasnya sehingga mengalami tekanan yang lebih besar. Lapisan paling atas hanya ditekan oleh udara sehingga tekanan pada permukaan zat cair sama dengan tekanan atmosfer.

$$p_h = \rho g h \quad (3)$$

dimana :

p_h = tekanan hidrostatik zat cair (N/m atau Pa)

ρ = massa jenis atau kerapatan zat cair (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

h = kedalaman zat cair diukur dari permukaan zat cair (m)

Persamaan di atas berlaku bila tidak memperhitungkan adanya tekanan udara luar atau tekanan atmosfer yang pada keadaan tertentu dapat diabaikan.

Fluida (zat cair atau gas) selalu mengerjakan tekanan ke segala arah. Karena itu, besaran tekanan tidak memiliki arah tertentu, sehingga tekanan

termasuk besaran skalar. Berbeda dengan itu, gaya selalu memiliki arah tertentu, sehingga gaya termasuk besaran vektor.

(b) Tekanan Gauge

Tekanan Gauge merupakan kelebihan tekanan di atas tekanan atmosfer. Secara matematis diartikan sebagai selisih antara tekanan yang tidak diketahui dengan tekanan atmosfer (tekanan udara luar). Nilai tekanan yang diukur oleh alat pengukur tekanan adalah tekanan gauge. Adapun tekanan sesungguhnya disebut dengan tekanan mutlak.

$$p = p_{gauge} + p_{atm} \quad (4)$$

dimana:

p = tekanan mutlak (N/m^2 atau Pa)

p_{gauge} = tekanan gauge (N/m^2 atau Pa)

p_{atm} = tekanan atmosfer (N/m^2 atau Pa)

Sebagai contoh, sebuah ban yang mengandung udara dengan tekanan gauge 2 atm (diukur oleh alat ukur) memiliki tekanan mutlak kira-kira 3 atm. Ini karena tekanan atmosfer pada permukaan laut kira-kira 1 atm.

(c) Tekanan Mutlak pada Suatu Kedalaman Zat Cair

Telah disebutkan sebelumnya bahwa pada lapisan atas zat cair bekerja tekanan atmosfer. Pada tiap bagian atmosfer bekerja gaya tarik gravitasi. Makin ke bawah, makin berat lapisan udara yang ada di atasnya. Oleh karena itu, makin rendah suatu tempat, makin tinggi tekanan atmosfernya. Di permukaan laut, tekanan atmosfer bernilai kira-kira 1 atm atau $1,01 \times 10^5$ Pa.

Tekanan pada permukaan zat cair adalah tekanan atmosfer p_0 . Tekanan hidrostatis zat cair pada kedalaman h adalah ρgh . Sehingga besar tekanan hidrostatis mutlak pada kedalaman h dengan memperhitungkan adanya tekanan atmosfer dapat dirumuskan oleh

$$p = p_0 + \rho g h \quad (5)$$

dimana:

p_0 = tekanan atmosfer atau tekanan udara luar (N/m^2 atau Pa)

3) Hukum Hidrostatis

Hukum hidrostatis menyatakan bahwa, “semua titik yang terletak pada bidang datar yang sama di dalam zat cair yang sejenis memiliki tekanan (mutlak) yang sama”.

(a) Barometer Raksa

Barometer raksa digunakan untuk mengukur tekanan atmosfer. Barometer tersebut berupa tabung kaca yang panjang, di mana dalam tabung tersebut diisi air raksa. Tabung kaca yang berisi air raksa tersebut kemudian dibalik dan dimasukkan ke dalam sebuah wadah yang juga telah diisi air raksa.

Ketika tabung kaca yang berisi air raksa dibalik maka pada bagian ujung bawah tabung (pada gambar terletak di bagian atas) tidak terisi air raksa. Isinya hanya uap air raksa yang tekanannya sangat kecil sehingga diabaikan ($p = 0$). Pada permukaan air raksa yang berada di dalam wadah terdapat tekanan atmosfer yang arahnya ke bawah (atmosfer menekan air raksa yang berada di wadah). Tekanan atmosfer tersebut menyanggah kolom air raksa yang berada dalam pipa kaca. Pada gambar, tekanan atmosfer dilambangkan dengan p_o .

Dengan menerapkan hukum utama hidrostatis untuk alat pengukur tekanan berupa barometer, maka

$$p_A = p_B$$

$$P_{gas} = P_o + \rho g h \quad (6)$$

dengan ρ adalah massa jenis raksa dan h adalah tinggi kolom raksa.

(b) Manometer Tabung Terbuka

Pada manometer tabung terbuka, di mana tabung berbentuk U, sebagian tabung diisi dengan zat cair (air raksa atau air). Tekanan yang terukur dihubungkan dengan perbedaan dua ketinggian zat cair yang dimasukkan ke dalam tabung.

Dengan menerapkan hukum hidrostatis untuk alat pengukur tekanan berupa manometer, maka

$$p_A = p_B$$

$$P_o = \rho g h \quad (7)$$

dengan ρ adalah massa jenis raksa dan h adalah tinggi kolom raksa.

4) Hukum Pascal

Tekanan zat cair pada dasar wadah tentu saja lebih besar dari tekanan zat cair pada bagian di atasnya. Semakin ke bawah, semakin besar tekanan zat cair tersebut, sebaliknya semakin mendekati permukaan atas wadah, semakin kecil tekanan zat cair. Besarnya tekanan sebanding dengan $\rho g h$. Pada setiap titik pada kedalaman yang sama, besarnya tekanan sama. Hal ini berlaku untuk semua zat cair dalam wadah apapun dan tidak bergantung pada bentuk wadah tersebut. Apabila kita tambahkan tekanan luar, pertambahan tekanan dalam zat cair adalah sama di mana pun. Jadi apabila diberikan tekanan luar, setiap bagian zat cair mendapat “jatah” tekanan yang sama, karenanya besar tekanan selalu sama di setiap titik pada kedalaman yang sama.

Hukum Pascal menyatakan bahwa, “tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup diteruskan sama besar ke segala arah”.

Sebuah terapan sederhana dari prinsip Pascal adalah dongkrak hidrolik, seperti ditunjukkan dalam gambar. Dongkrak hidrolik terdiri dari bejana dengan dua kaki (kaki 1 dan kaki 2) yang masing-masing diberi pengisap. Pengisap 1 memiliki luas penampang A_1 (lebih kecil) dan pengisap 2 memiliki luas penampang A_2 (lebih besar). Bejana diisi dengan cairan.

Jika pengisap 1 ditekan dengan gaya F_1 , zat cair akan menekan pengisap 1 ke atas dengan gaya pA_1 sehingga terjadi keseimbangan pada pengisap 1 dan berlaku

$$pA_1 = F_1 \quad \text{atau} \quad p = \frac{F_1}{A_1} \quad (8)$$

Sesuai hukum Pascal bahwa tekanan pada zat cair dalam ruang tertutup diteruskan sama besar ke segala arah, maka pada pengisap 2 bekerja gaya ke atas pA_2 . Gaya yang seimbang dengan ini adalah gaya F_2 yang bekerja pada pengisap 2 dengan arah ke bawah.

$$pA_2 = F_2 \quad \text{atau} \quad p = \frac{F_2}{A_2} \quad (9)$$

5) Hukum Archimedes

Jika suatu benda yang dicelupkan dalam zat cair mendapat gaya ke atas sehingga benda kehilangan sebagian beratnya (beratnya menjadi berat semu), maka gaya ke atas ini disebut sebagai gaya apung, yaitu suatu gaya ke atas yang

dikerjakan oleh zat cair pada benda. Gaya apung terjadi karena adanya perbedaan tekanan fluida pada kedalaman yang berbeda. Munculnya gaya apung adalah konsekuensi dari tekanan zat cair yang meningkat dengan kedalaman. Dengan demikian berlaku:

$$\text{gaya apung} = \text{berat benda di udara} - \text{berat benda dalam zat cair}$$

Untuk memahami arti dari “volume air yang dipindahkan”, kita dapat mencelupkan batu ke dalam sebuah bejana berisi air, maka permukaan air akan naik. Ini karena batu menggantikan volume air. Jika batu dicelupkan pada bejana yang penuh berisi air, sebagian air akan tumpah dari bejana. Volume air tumpah yang ditampung tetap sama dengan volume batu yang menggantikan air. Jadi, suatu benda yang dicelupkan seluruhnya dalam zat cair selalu menggantikan volume zat cair yang sama dengan volume benda itu sendiri.

Archimedes mengaitkan antara gaya apung dengan volume zat cair yang dipindahkan benda. Dari sini, Archimedes berhasil menemukan hukumnya, yaitu Hukum Archimedes yang berbunyi, “Apabila suatu benda dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam fluida, maka benda tersebut mendapatkan gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut”.

(a) Penurunan Matematis Hukum Archimedes

Apakah penyebab munculnya gaya apung yang dikerjakan oleh suatu fluida kepada benda yang tercelup dalam fluida? Ternyata gaya apung ini muncul karena selisih antara gaya hidrostatis yang dikerjakan fluida terhadap permukaan bawah dengan permukaan atas benda.

Gaya apung dapat dirumuskan sebagai:

$$\begin{aligned} F_a &= M_f g \\ F_a &= \rho_f V_{bf} g \end{aligned} \tag{10}$$

dengan :

ρ_f = massa jenis fluida (kg/m^3 atau g/cm^3)

V_{bf} = volume benda yang tercelup dalam fluida (cm^3 atau m^3)

(b) Mengapung, Tenggelam, Melayang

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. Jadi,

syarat mengapung $\rho_{b, \text{ rata-rata}} < \rho_f$

syarat tenggelam $\rho_{b, \text{ rata-rata}} > \rho_f$

syarat melayang $\rho_{b, \text{ rata-rata}} = \rho_f$

Berdasarkan konsep gaya apung, syarat benda mengapung adalah dimana volume benda yang tercelup dalam zat cair lebih kecil daripada volume benda seluruhnya ($V_{bf} < V_b$). Secara matematis, massa jenis benda yang mengapung dapat dirumuskan:

$$\rho_b = \frac{\rho_f V_{bf}}{V_b} \quad (11)$$

Persamaan tersebut berlaku untuk benda yang mengapung dalam satu jenis fluida. Sedangkan, untuk benda yang mengapung dalam dua jenis fluida atau lebih, massa jenis benda yang mengapung dapat dirumuskan:

$$\begin{aligned} \rho_b &= \sum \rho_{fi} V_{bfi} \\ &= \frac{\rho_{f1} V_{bf1} + \rho_{f2} V_{bf2} + \rho_{f3} V_{bf3} + \dots}{V_b} \end{aligned} \quad (12)$$

2.1.5.2 Fluida Dinamis

Fluida dinamis adalah fluida yang bergerak. Ciri-ciri umum dari fluida dinamis yang ideal diantaranya:

- Fluida dianggap tidak kompresibel.
- Fluida dianggap bergerak tanpa gesekan walaupun ada gerakan materi (tidak mempunyai kekentalan).

- Aliran fluida adalah aliran stasioner, yaitu kecepatan dan arah gerak partikel fluida yang melalui suatu titik tertentu selalu tetap.
- Tak bergantung waktu (tunak), artinya kecepatannya konstan pada titik tertentu dan membentuk aliran laminar (berlapis).

1) Debit

Yaitu volume fluida tiap satuan waktu yang mengalir dalam pipa.
Dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = A \cdot v \text{ atau } Q = \frac{V}{t} \quad (13)$$

Keterangan :

Q : debit (m^3/s)

V : volume fluida (m^3)

t : waktu (s)

A : luas (m^2)

v : kecepatan (m/s)

2) Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas berbunyi : "Pada fluida yang tak termampatkan, hasil kali antara kelajuan aliran fluida dalam suatu wadah dengan luas penampang wadah selalu konstan".

Jika suatu wadah memiliki penampang yang berbeda maka menurut persamaan kontinuitas berlaku

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_2 \\ A_1 \cdot v_1 &= A_2 \cdot v_2 \end{aligned} \quad (14)$$

Keterangan :

Q_1 = debit ketika masuk (m^3/s)

Q_2 = debit ketika keluar (m^3/s)

A_1 = luas penampang 1 (m^2)

A_2 = luas penampang 2 (m^2)

v_1 = kecepatan fluida ketika masuk (m/s)

v_2 = kecepatan fluida ketika keluar (m/s)

3) Persamaan Bernoulli

Menurut persamaan ini, besaran $p_1 + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v$ memiliki nilai yang sama pada setiap titik dalam aliran fluida. Bila dituliskan dalam suatu persamaan yaitu sebagai berikut :

$$p_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1 = p_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2 \quad (15)$$

Keterangan:

p_1, p_2 = tekanan di titik 1 dan 2 (N/m)

v_1, v_2 = kecepatan aliran di titik 1 dan 2 (m/s)

h_1, h_2 = ketinggian di titik 1 dan 2 (m)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Penggunaan persamaan Bernoulli:

(a) Gaya Angkat pesawat

Pesawat terbang dapat terangkat ke udara karena kecepatan udara pada sayap bagian atas lebih besar dibandingkan dengan kecepatan udara pada sayap bagian bawah. Akibatnya tekanan bagian atas lebih kecil dibandingkan tekanan bagian bawah.

$$F_1 - F_2 = \frac{1}{2} \rho A (v_2^2 - v_1^2) \quad (16)$$

Keterangan :

$F_1 - F_2$ = gaya angkat pesawat terbang (N)

A = luas penampang sayap (m^2)

v_1 = kecepatan udara sayap bagian atas (m/s)

v_2 = kecepatan udara sayap bagian bawah (m/s)

ρ = massa jenis (kg/m)

(b) Venturi Tanpa Manometer

Kelajuan pada luas penampang yaitu:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}} \quad (17)$$

keterangan :

v_1 = kelajuan fluida pada penampang 1

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h = perbedaan ketinggian pada fluida (m)

A_1 = luas penampang 1

A_2 = luas penampang 2

(c) Venturimeter Dengan Manometer

$$v_1 = \sqrt{\frac{2\rho_r gh}{\rho u \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}} \quad (18)$$

Keterangan :

v_1 = kelajuan fluida pada penampang 1

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h = perbedaan ketinggian pada fluida (m)

A_1 = luas penampang 1 (m^2)

A_2 = luas penampang 2 (m^2)

ρ_r = massa jenis raksa (kg/m^3)

ρ_u = massa jenis udara (kg/m^3)

P = massa jenis (kg/m^3)

(d) Tangki Berlubang

Persamaan yang digunakan yaitu:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (19)$$

Keterangan:

v = kecepatan semburan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h = tinggi lubang dari permukaan air (m)

Waktu yang dibutuhkan semburan air mencapai tanah :

$$t = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} \quad (20)$$

Keterangan :

t = waktu yang dibutuhkan air mencapai tanah (s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h_2 = ketinggian lubang diukur dari permukaan tanah (m)

Jarak jangkauan air (x) :

$$x = \sqrt{2h \cdot h_2} \quad (21)$$

Keterangan :

h = tinggi lubang dari permukaan air (m)

h_2 = ketinggian lubang diukur dari permukaan tanah (m)

Berdasarkan kajian materi di tersebut, peneliti menganalisis bahwa materi Fluida Statis dan Fluida Dinamis memiliki struktur konsep yang hierarkis dan kompleks, dimulai dari pemahaman besaran fisis dasar (seperti massa jenis dan tekanan) hingga penerapan prinsip-prinsip hukum konservasi energi pada fenomena nyata (seperti Hukum Pascal, Archimedes, dan Persamaan Bernoulli). Luasnya cakupan materi ini, yang melibatkan representasi matematis serta aplikasi fenomena sehari-hari, mengindikasikan bahwa pengembangan instrumen penilaian kognitif harus dirancang secara komprehensif untuk mengakomodasi berbagai tingkat kesulitan dan dimensi pengetahuan.

2.2 Hasil yang Relevan

Bagian ini menyajikan penelitian-penelitian terdahulu yang dianggap relevan dan memiliki hubungan dengan topik yang akan diteliti. Kajian ini penting untuk mencegah terjadinya duplikasi penelitian dengan permasalahan serupa. Penelitian yang relevan tidak hanya berfungsi sebagai acuan, tetapi juga sebagai sumber informasi terbaru yang mendukung penelitian ini. Studi-studi sebelumnya yang dibahas berperan sebagai referensi mutakhir yang memiliki keterkaitan erat dengan permasalahan yang akan dianalisis.

Penelitian yang dilakukan oleh Liana et al (2018) menghasilkan instrumen penilaian berpikir tingkat tinggi pada materi fluida yang dikembangkan berdasarkan uji validitas dan reliabilitas dengan analisis menggunakan *Rasch Model*. Kesamaan yang relevan dengan penelitian ini terletak pada pengembangan instrumen penilaian materi fluida serta penggunaan *Rasch Model* dalam analisis instrumen. Perbedaan utama terdapat pada aspek yang diukur, di mana penelitian Liana et al. berfokus pada kemampuan berpikir tingkat tinggi, sedangkan penelitian ini mengukur hasil

belajar kognitif siswa secara umum. Selain itu, model pengembangan yang digunakan berbeda, di mana penelitian Liana *et al.* menggunakan model *Standards for Psychological and Educational Testing*, sedangkan penelitian ini mengadopsi model ADDIE. Perbedaan lainnya adalah pada cakupan analisis instrumen, di mana penelitian ini melibatkan pengujian validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda secara menyeluruh.

Penelitian yang dilakukan oleh Mustari (2016) menghasilkan instrumen penilaian ranah kognitif pada materi fluida statis berdasarkan validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda. Hal yang relevan yaitu instrumen penilaian berdasarkan validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran dan daya pembeda. Hal lain yang relevan adalah ranah kognitif. Yang menjadi pembeda dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti yaitu pada analisis menggunakan *Rasch Model*. Hal lain yang menjadi pembeda yaitu model pengembangan yang digunakan, peneliti menggunakan model ADDIE sedangkan penelitian yang digunakan oleh Alistiawan menggunakan model dari Borg dan Gall yang diadopsi oleh Sugiyono.

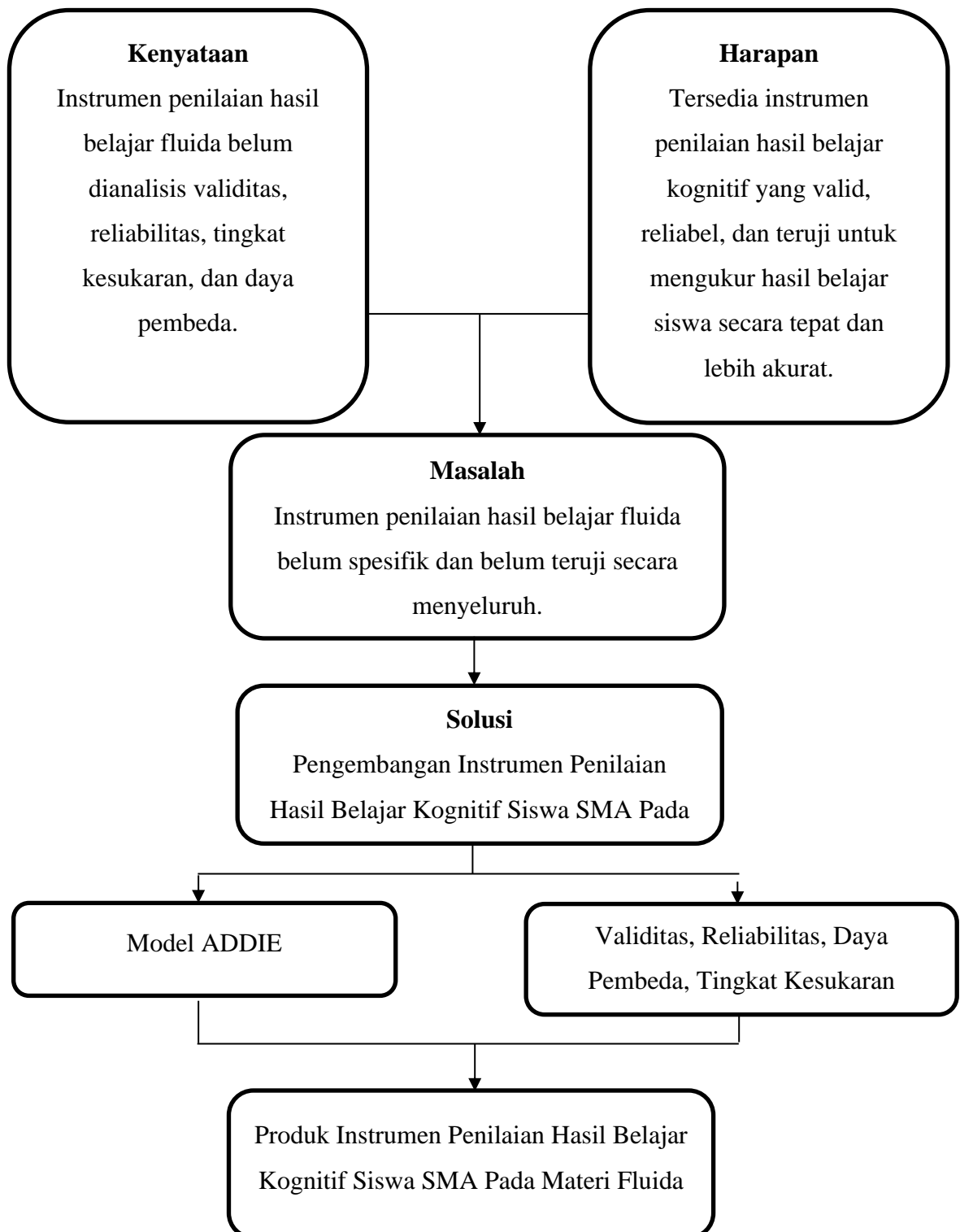
Penelitian yang dilakukan oleh Alistiawan (2019) menghasilkan instrumen penilaian berpikir kritis berdasarkan validitas dan kepraktisan pada materi fluida dinamis. Penelitian yang dilakukan oleh Alistiawan (2019) menghasilkan instrumen penilaian untuk mengukur kemampuan berpikir kritis pada materi fluida dinamis yang disusun berdasarkan uji validitas dan kepraktisan. Kesamaan yang relevan dengan penelitian ini terletak pada pengembangan instrumen penilaian dengan landasan validitas, serta materi yang berkaitan dengan fluida. Perbedaan utama terletak pada aspek yang diukur; penelitian Alistiawan berfokus pada kemampuan berpikir kritis, sedangkan penelitian ini mengukur hasil belajar kognitif siswa secara umum. Selain itu, model pengembangan yang digunakan juga berbeda, di mana penelitian ini menggunakan model ADDIE, sedangkan Alistiawan menggunakan model *Standards for Psychological and Educational Testing*. Perbedaan lainnya adalah teknik analisis instrumen; penelitian ini menggunakan *Rasch Model* dan menganalisis instrumen berdasarkan validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda secara lebih komprehensif.

Penelitian yang dilakukan oleh Priyadi & Suryanti (2017) menghasilkan instrumen tes pemahaman konsep berdasarkan validitas dan reliabilitas pada materi hukum gravitasi universal. Relevansi dengan penelitian ini terletak pada pengembangan instrumen penilaian yang ditujukan untuk mengevaluasi ranah kognitif siswa, serta penggunaan uji validitas dan reliabilitas dalam proses penyusunan instrumen. Namun, terdapat beberapa perbedaan penting. Penelitian ini berfokus pada hasil belajar kognitif secara menyeluruh, tidak terbatas pada pemahaman konsep saja. Selain itu, model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model ADDIE, sedangkan Priyadi dan Suryanti menggunakan pendekatan *self-evaluation, prototyping, and field test*. Perbedaan lainnya terletak pada teknik analisis yang digunakan, di mana penelitian ini menerapkan *Rasch Model* serta menganalisis instrumen berdasarkan validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda secara lebih komprehensif.

Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada penggunaan model pengembangan ADDIE secara menyeluruh dan analisis instrumen yang lebih komprehensif menggunakan teori klasik dan *Rasch Model* meliputi validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda. Selain itu, penelitian ini tidak hanya fokus pada aspek berpikir kritis atau pemahaman konsep saja, tetapi mengukur hasil belajar kognitif secara umum, sehingga memberikan kontribusi yang lebih luas dalam evaluasi pembelajaran fisika khususnya pada materi fluida.

2.3 Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual adalah argumentasi logis yang berfungsi mengintegrasikan teori dan hasil penelitian yang terpisah menjadi satu rangkaian utuh menggunakan logika deduktif, yang tujuannya adalah merumuskan jawaban sementara (hipotesis) atas masalah penelitian. Kerangka konseptual pada penelitian ini disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kerangka Konseptual