

## **BAB 2 TINJAUAN TEORETIS**

### **2.1 Kajian Pustaka**

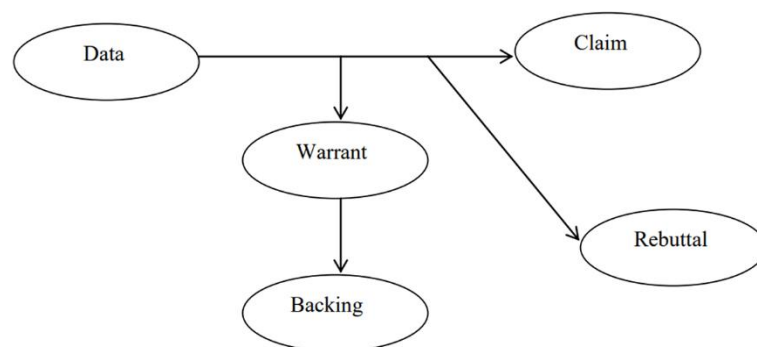
#### **2.1.1 Keterampilan Argumentasi Ilmiah**

Keterampilan argumentasi memiliki peranan yang sangat penting dalam bidang sains dan wajib diajarkan serta dipelajari di kelas sains sebagai bagian dari proses penyelidikan ilmiah dan literasi (Hidayah et al., 2022). Menempatkan argumen sebagai unsur sentral dalam pembelajaran sains memiliki dua fungsi: pertama, sebagai metode untuk melibatkan siswa dalam koordinasi tujuan konseptual dan epistemik dan kedua, untuk membuat pemikiran dan penalaran ilmiah siswa menjadi terlihat agar memungkinkan penilaian formatif oleh guru (Al-Ajmi & Ambusaidi, 2019). Argumentasi ilmiah adalah kemampuan untuk membangun kalimat-kalimat yang saling terkait berdasarkan pernyataan yang dianggap benar, dengan tujuan membandingkan teori-teori yang relevan, menyajikan alasan-alasan logis, dan mendukung data. Argumentasi ilmiah juga memberikan justifikasi untuk keyakinan, perilaku, atau nilai. Pada dasarnya, argumentasi ilmiah bertujuan untuk mempengaruhi orang lain dengan bukti ilmiah dan berdasarkan data yang valid (Satyaloka & Padmaningrum, 2024). Menurut Al-Ajmi & Ambusaidi (2019) argumentasi ilmiah adalah kemampuan untuk membuat klaim, menyempurnakannya, dan disertai dengan bukti ilmiah sebagai pendukung.

Kemampuan untuk berargumen secara ilmiah tidak hanya berarti mengemukakan pendapat, tetapi juga mencakup menganalisis data, membuat keputusan yang didukung oleh bukti, dan menyajikan ide-ide secara rasional dan terstruktur (Andrews, 2009). Argumentasi ilmiah yang baik adalah proses yang mencakup perumusan klaim berbasis bukti empiris, penggunaan justifikasi logis untuk mendukung klaim, dan evaluasi kritis terhadap alternatif dan sanggahan. (Irawan et al., 2025). Mutmainnah et al. (2025) menambahkan bahwa Argumen ilmiah berkualitas tinggi mampu menunjukkan kemampuan siswa untuk menyintesis konsep dan data secara sistematis, yang sangat bergantung pada kemampuan akademik mereka.

Berdasarkan berbagai penjelasan yang telah disebutkan, peneliti menyimpulkan bahwa keterampilan argumentasi ilmiah siswa merupakan

kemampuan untuk mengungkapkan pendapat dengan cara ilmiah, yang didukung oleh data dan fakta yang relevan dan valid serta mampu memberikan pernyataan sanggahan terhadap pernyataan yang dianggap keliru. Pada penelitian ini untuk mengetahui tingkat keterampilan argumentasi siswa dapat diukur melalui pola Toulmin, adapun Indikator argumentasi ilmiah mengacu pada komponen-komponen dalam *Toulmin's Argument Pattern* (TAP) dan kriteria level yang dikembangkan oleh Erduran. Komponen utama dalam TAP meliputi kemampuan siswa untuk menyampaikan pendapat atau klaim (*claim*), kemampuan untuk memberikan dan menganalisis data (*data*), kemampuan dalam memberikan pembenaran atau jaminan (*warrant*), kemampuan memberikan dukungan (*backing*), serta kemampuan siswa dalam membuat sanggahan atau (*rebuttal*) terhadap permasalahan yang ada (Suraya et al., 2019). pola argumentasi Toulmin ditunjukkan dengan Gambar 2.1.



**Gambar 2.1 Alur Indikator Keterampilan Argumentasi Ilmiah**

Pada penelitian ini untuk mengukur keterampilan argumentasi siswa menggunakan *Toulmin's Argument Pattern* (TAP) dengan indikator yang dijelaskan dalam Tabel 2.1 (Toulmin, 2003).

**Tabel 2.1 Indikator Keterampilan Argumentasi Ilmiah**

| Indikator              | Deskripsi                                                                                                             |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Klaim ( <i>Claim</i> ) | Kemampuan menyatakan sebuah klaim terkait permasalahan/ide didasarkan pada pengetahuan yang telah dimiliki sebelumnya |

| Indikator                     | Deskripsi                                                                                                       |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Data ( <i>Ground</i> )        | Kemampuan untuk mengumpulkan bukti, data, dan fakta yang digunakan guna mendukung klaim                         |
| Pembenaran ( <i>Warrant</i> ) | Kemampuan untuk menyatakan alasan yang digunakan untuk menghubungkan klaim dan data                             |
| Dukungan ( <i>Backing</i> )   | Kemampuan untuk memberikan dukungan yang berisi asumsi teoretis sebagai pendukung untuk alasan yang dikemukakan |
| Sanggahan ( <i>Rebuttal</i> ) | Kemampuan untuk memberikan sanggahan terhadap pernyataan yang bertentangan dengan klaim yang diajukan           |

Setiap indikator keterampilan argumentasi ilmiah memiliki peran yang saling melengkapi untuk memastikan terbentuknya penalaran ilmiah yang utuh dan bebas dari miskonsepsi. *Claim* berfungsi sebagai pernyataan atau kesimpulan awal yang harus dirumuskan secara jelas dan relevan terhadap permasalahan yang dikaji. Namun, *claim* yang benar harus didukung oleh *ground* berupa data atau fakta empiris yang akurat agar tidak bersifat asuntif. Selanjutnya, *warrant* berperan menjelaskan hubungan logis antara *ground* dan *claim*, sehingga siswa tidak sekadar menyajikan data, tetapi mampu menalar mengapa data tersebut mendukung kesimpulan yang diambil. Untuk memperkuat penalaran tersebut, *backing* memberikan dukungan konseptual berupa prinsip, hukum, atau teori ilmiah yang relevan, sehingga argumen memiliki landasan ilmiah yang kokoh dan terhindar dari penalaran yang keliru. Terakhir, *rebuttal* melatih siswa untuk mengenali keterbatasan argumen atau kondisi tertentu yang dapat melemahkan *claim*, sehingga siswa mampu bersikap kritis dan reflektif terhadap argumen yang dibangun. Penguasaan setiap indikator secara seimbang penting agar siswa tidak hanya mampu menyampaikan *claim* yang tampak benar, tetapi juga didukung oleh data yang tepat, penalaran yang logis, dan dasar teori yang kuat, sehingga kesalahan penalaran ilmiah seperti *claim* benar dengan data salah atau sebaliknya dapat diminimalkan.

Indikator keterampilan argumentasi ilmiah yang telah diuraikan sebelumnya membantu peneliti untuk menganalisis sejauh mana ketercapaian

setiap indikator argumentasi ilmiah siswa setelah dilakukannya penerapan model DBOIL melalui penilaian formatif dan juga sumatif. Penilaian formatif dilakukan selama proses pembelajaran berlangsung sehingga peneliti atau guru dapat melihat setiap perkembangan keterampilan dari masing-masing siswa tidak bergantung pada penilaian sumatif, sehingga data yang dikumpulkan menjadi penunjang analisis ketercapaian setiap indikator keterampilan argumentasi ilmiah siswa pada penelitian ini.

### **2.1.2 Model *Debate Based on Inquiry Learning* (DBOIL)**

Model DBOIL dikembangkan oleh Hendratmoko pada tahun 2024, model pembelajaran inovatif ini dikembangkan dengan tujuan utama untuk memfasilitasi keterampilan argumentasi ilmiah siswa. Sintaks DBOIL sendiri dibentuk melalui proses modifikasi dan integrasi elemen-elemen sintaksis dari model pembelajaran berbasis inkuiri serta debat. Model DBOIL diperkenalkan sebagai model pembelajaran yang efektif, yang memungkinkan siswa berlatih mengonstruksi dan mempertahankan argumen, sehingga mereka dapat menguasai keterampilan argumentasi ilmiah secara lebih aplikatif (Hendratmoko et al., 2024).

Pengembangan model DBOIL didukung oleh landasan teoritis yang dianggap cukup kokoh. Beberapa teori pembelajaran yang menjadi dasar pengembangan model ini meliputi teori proses kognitif kompleks, teori konstruktivisme, teori andragogi, dan teori ARCS-V. Teori proses kognitif kompleks menjelaskan bahwa contoh-contoh pemikiran tingkat tinggi melibatkan proses pembelajaran untuk berargumen, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, dan membangun argumen untuk mendukung ide-ide, yang mencakup argumentasi sebagai mekanisme untuk memperkuat klaim melalui bukti dan penalaran (Hendratmoko et al., 2025).

Adapun pengembangan model ini didasarkan pada kurangnya kemampuan dari masing-masing model inkuiri dan juga debat dalam memfasilitasi setiap indikator dalam kegiatan argumentasi, Hendratmoko et al. (2023) menjelaskan model DBOIL menyempurnakan pembelajaran berbasis inkuiri yang dinilai masih menunjukkan keterbatasan dalam mengoptimalkan indikator *rebuttal*, dalam pembelajaran inkuiri siswa hanya diberi kemampuan untuk merumuskan klaim

berdasarkan jawaban atas pertanyaan yang diajukan oleh guru, serta melibatkan evaluasi hipotesis pasca-eksperimen yang akurat, yang kemudian digunakan sebagai dasar untuk membangun argumen logis dan kesimpulan berdasarkan bukti empiris. Dalam tahap ini, pembelajaran memperkuat kemampuan siswa untuk mengintegrasikan data observasional dengan penalaran deduktif, sehingga menghasilkan argumen yang kuat dan komprehensif namun belum mampu memfasilitasi siswa dalam mencapai indikator *rebuttal* (sanggahan). Sebaliknya dalam penelitian Hendratmoko et al. (2024) dijelaskan bahwa model DBOIL menyempurnakan pembelajaran berbasis debat yang belum mampu mencapai indikator penyusunan klaim serta pengumpulan data, karena dalam debat proses pembelajaran hanya melalui partisipasi aktif siswa untuk mengeksplorasi argumen secara mendalam dan mengevaluasi kelebihan dan kelemahan argumen tersebut sehingga dapat memfasilitasi siswa dalam menyusun *rebuttal*, namun tidak melibatkan tahapan eksperimen untuk mencapai indikator pada proses pengumpulan bukti sebagai dukungan terhadap sebuah argumen.

Berdasarkan uraian yang telah disebutkan di atas, dapat disimpulkan bahwa model DBOIL merupakan model pembelajaran yang dirancang untuk memfasilitasi keterampilan argumentasi ilmiah siswa yang menggabungkan dari dua pendekatan pembelajaran antara model inkuiri dan juga debat, keduanya saling melengkapi untuk mencapai setiap indikator dalam argumentasi ilmiah. Adapun sintaks dari model DBOIL meliputi kedalam sintaks yakni *Problem Orientation*, *Making Claims*, *Collecting data or scientific evidence*, *Formulating reasoning*, *Structured Debate*, *Evaluation and Reflection*. Berikut penjelasan dari setiap sintaks menurut model DBOIL disajikan pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2 Sintaks Model DBOIL**

| <b>Sintaks Model DBOIL</b> | <b>Kegiatan Guru</b>                                                             | <b>Kegiatan siswa</b>                                                                                                 |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Problem Orientation</i> | Guru memperkenalkan topik atau masalah tertentu yang akan dipelajari oleh siswa. | Siswa memusatkan perhatian dan meningkatkan motivasinya untuk terlibat aktif dalam tugas pembelajaran, memahami hasil |

| Sintaks Model DBOIL                           | Kegiatan Guru                                                                                                             | Kegiatan siswa                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                               |                                                                                                                           | pembelajaran yang diharapkan, dan memahami masalah yang disajikan dalam lembar kerja.                                                                                                                              |
| <i>Making Claims</i>                          | Guru membentuk kelompok sehingga memungkinkan siswa untuk aktif berpartisipasi dan membangun pengetahuan mereka sendiri.  | Siswa melakukan diskusi kelompok untuk menganalisis masalah dan membuat klaim tentang masalah tersebut                                                                                                             |
| <i>Collecting data or scientific evidence</i> | Guru membimbing untuk menyusun kegiatan simulasi berupa praktikum yang memungkinkan siswa untuk mengumpulkan bukti ilmiah | Siswa dalam kelompok merancang dan melaksanakan kegiatan investigasi untuk mengumpulkan data atau bukti guna memperkuat klaim yang telah disiapkan sebelumnya.                                                     |
| <i>Formulating Reasoning</i>                  | Guru memberikan bimbingan lanjutan.                                                                                       | Siswa dalam kelompok merumuskan penalaran dengan menganalisis bukti dan mengidentifikasi konsep, prinsip, hukum, atau teori terkait untuk menunjukkan hubungan antara bukti yang digunakan untuk memperkuat klaim. |
| <i>Structured Debate</i>                      | Guru memfasilitasi diskusi dengan metode debat                                                                            | Siswa melakukan kegiatan berdebat dengan menyampaikan argumen yang telah mereka siapkan,                                                                                                                           |

| Sintaks Model DBOIL              | Kegiatan Guru                                                                               | Kegiatan siswa                                                                                         |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  |                                                                                             | mempertahankannya dari berbagai kritik yang bertentangan, dan membantah argumen yang berlawanan.       |
| <i>Evaluation and Reflection</i> | Guru melakukan evaluasi dan memfasilitasi diskusi reflektif untuk menggali pemahaman siswa. | Di bawah bimbingan guru, siswa menilai dan merenungkan kegiatan pembelajaran yang telah mereka lakukan |

Dalam penelitian ini, pelaksanaan debat dalam model DBOIL peneliti menggunakan jenis debat pemecahan masalah (*problem solving debate*). Debat pemecahan masalah berbeda dengan jenis debat pada umumnya, dalam jenis debat ini hal yang paling membedakan adalah peneliti tidak membagi peserta menjadi kelompok pendukung dan kelompok penyanggah (Silberman, 1996). Peserta debat dibagi secara netral menjadi kelompok satu, kelompok dua, hingga kelompok 6, sehingga setiap kelompok memiliki kesempatan yang sama untuk mengemukakan ide-ide mereka. Debat ini tidak berfokus pada mempertahankan atau menyerang suatu proposisi, melainkan pada mendiskusikan suatu isu yang diformulasikan dalam bentuk pertanyaan. Dengan demikian, siswa diarahkan untuk berpikir kritis, berdiskusi secara kolaboratif, mengasah keterampilan argumentasi siswa dan bekerja sama untuk menemukan solusi bagi masalah yang sedang dipelajari sesuai dengan tujuan pembelajaran dalam model DBOIL.

Pada penelitian ini, peneliti melakukan penyesuaian terhadap tahapan-tahapan debat dalam model DBOIL agar selaras dengan konteks pembelajaran pada materi fluida statis. Penyesuaian tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan proses pembelajaran serta karakteristik siswa. Adapun tahapan debat yang diterapkan dirumuskan sebagai berikut:

- a. Siapkan sebuah pertanyaan terkait dengan permasalahan pada materi fluida statis yang sedang dipelajari oleh siswa.

- b. Bagi siswa kedalam 6 kelompok, kelompok dibagi secara heterogen (campuran kemampuan) berdasarkan nilai ulangan harian untuk mendorong inklusivitas, pembagian kelompok ini disesuaikan dengan jumlah pertemuan dalam pembelajaran materi fluida statis.
- c. Pada saat pelaksanaan debat, setiap pertemuan melakukan satu kali sesi debat yang melibatkan 2 kelompok, Dalam tahap ini setiap kelompok diberikan kesempatan untuk menyampaikan argumennya yang memuat klaim, bukti atau data serta dukungan yang didapatkan pada tahap praktikum sebelumnya.
- d. Selanjutnya kedua kelompok yang berdebat diberikan kesempatan untuk menyampaikan sanggahan apabila terdapat perbedaan penyelesaian pada permasalahan yang disajikan atau mengajukan pertanyaan apabila terdapat bukti atau data yang kurang sesuai.
- e. 4 kelompok lainnya akan mencatat setiap pernyataan dan juga hasil dari masing-masing kelompok.
- f. Setelah kedua kelompok selesai melakukan sesi debat, dilanjutkan sesi refleksi bersama dimana pada tahap ini 4 kelompok lainnya yang tidak melakukan sesi debat diberikan kesempatan untuk menyampaikan komentar terkait dengan hasil dari kedua kelompok dan dipersilahkan memberikan argumen sanggahan apabila terdapat perbedaan hasil yang didapat.
- g. Setelah seluruh tahapan debat selesai, maka peneliti atau guru memberikan kesimpulan dan saran-saran pemecahan masalah dari topik perdebatan.
- h. Pertemuan selanjutnya akan dilakukan dengan pola yang sama dengan mengganti kelompok yang akan melakukan debat secara bergantian.

Tahapan debat yang telah diuraikan sebelumnya menyesuaikan dengan pertimbangan waktu pada saat pembelajaran yang tidak memungkinkan untuk melakukan debat untuk setiap kelompok namun, tetap melibatkan keseluruhan kelompok pada tahap refleksi bersama untuk menyampaikan argumen kelompoknya sehingga setiap kelompok tetap terfasilitasi untuk melakukan setiap tahapan dari model DBOIL.

Pada tahap *collecting data* dan *formulating reasoning* dalam model DBOIL, pencarian sumber data empiris secara mandiri oleh siswa, sehingga

menjadi aspek yang esensial dalam mendukung pengembangan argumen ilmiah. Kebebasan dalam menelusuri literatur memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi beragam perspektif, temuan, dan bukti empiris yang relevan, sehingga memperkaya dasar argumentasi yang digunakan dalam proses pembelajaran. Variasi sumber yang diperoleh juga berfungsi sebagai bahan utama dalam kegiatan debat, karena mendorong munculnya perbedaan sudut pandang dan pola penalaran antar siswa. Kondisi ini berkontribusi langsung pada penguatan keterampilan penalaran ilmiah, seperti kemampuan menganalisis bukti, mengevaluasi keabsahan argumen, dan menyusun kesimpulan secara logis. Sebaliknya, apabila sumber data disediakan secara seragam oleh guru, terdapat kecenderungan kesamaan pola argumen yang dikembangkan siswa, yang pada akhirnya dapat mengurangi dinamika diskusi dan kualitas proses debat ilmiah sehingga, pemberian keleluasaan kepada siswa dalam mencari literatur menjadi strategi yang relevan untuk mengoptimalkan tujuan pembelajaran berbasis penalaran ilmiah dalam model DBOIL.

Dalam penggunaannya setiap model pembelajaran tentu tidak lepas dari kelebihan dan kekurangan, begitu pula dengan model DBOIL, berikut penjelasan mengenai kelebihan dan kekurangan dari model DBOIL menurut Hendratmoko et al. (2024).

Kelebihan :

- a. Model DBOIL mengintegrasikan keunggulan dari inkuiri dengan penyelidikan dan pengumpulan bukti dan juga debat untuk pengembangan aspek *rebuttal*, sehingga diharapkan dalam penggunaan model DBOIL ini siswa dapat membangun argumen yang lebih kuat dan berdasarkan penalaran empiris.
- b. Pada saat fase debat terstruktur, fase ini dapat meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah dan keterampilan berpikir kritis pada saat menyampaikan *rebuttal* dalam debat

Kekurangan :

- a. Proses inkuiri yang melibatkan penyelidikan dan pengumpulan bukti diikuti dengan sesi debat, memerlukan durasi yang lebih panjang dibandingkan dengan model pembelajaran konvensional lainnya, sehingga memerlukan manajemen waktu yang baik saat pelaksanaan pembelajaran.

- b. Bagi siswa yang memiliki tingkat kepercayaan diri yang kurang akan menjadi tantangan tersendiri saat melakukan sesi debat, sehingga guru memerlukan cara untuk meningkatkan motivasi siswa dalam melakukan sesi debat.

Selama pelaksanaan penelitian ini, kelemahan pada model DBOIL ini diantisipasi melalui berbagai langkah pencegahan. Berkaitan dengan keterbatasan waktu yang disebabkan oleh tahapan inkuiri, pengumpulan bukti, dan debat yang cukup lama, peneliti merancang pengelolaan waktu yang sistematis dengan membagi waktu alokasi secara spesifik untuk setiap tahap pembelajaran hal ini dilakukan untuk mencegah pemborosan waktu dan memastikan semua fase dapat diselesaikan dalam batas waktu kelas yang terbatas. Di samping itu, peneliti menyediakan panduan tugas dan rubrik evaluasi agar sesi debat berjalan lebih efisien, fokus serta mengurangi waktu yang terbuang akibat ketidakjelasan tugas, yang sering terjadi dalam debat. Adapun untuk mengatasi kurangnya kepercayaan diri sebagian siswa selama debat, peneliti memberikan dukungan berupa contoh argumen dan bantahan, melakukan latihan debat ringan, serta menerapkan pengelompokan campuran dengan pembagian tugas yang jelas dalam kelompok. Peneliti juga membangun lingkungan pembelajaran yang mendukung dan tidak menghakimi melalui pujian positif serta tanggapan membangun, sehingga siswa merasa lebih termotivasi dan yakin dalam menyampaikan pandangan secara ilmiah.

### **2.1.3 Keterkaitan Model Pembelajaran *Debate Based on Inquiry Learning* (DBOIL) Terhadap Keterampilan Argumentasi Ilmiah Siswa**

Model pembelajaran *Debate Based on Inquiry Learning* (DBOIL) merupakan model pembelajaran inovatif yang dirancang untuk memfasilitasi keterampilan argumentasi ilmiah siswa, model ini mengintegrasikan dua pendekatan pembelajaran yakni inkuiri dan juga debat, keduanya ketika dikolaborasikan dapat mencapai pemenuhan keterampilan argumentasi ilmiah yang maksimal. Dengan adanya penerapan model DBOIL ini diharapkan dapat menjadi alternatif dalam pembelajaran dan juga dapat meningkatkan keterampilan argumentasinya. Adapun penjelasan keterkaitan dari setiap tahapan model DBOIL terhadap argumentasi ilmiah siswa dapat disajikan pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3 Kaitan Model DBOIL dengan Indikator Keterampilan Argumentasi Ilmiah**

| <b>Sintaks Model DBOIL</b>                    | <b>Kegiatan Pembelajaran</b>                                                                                                                                                                                                                               | <b>Indikator Keterampilan Argumentasi Ilmiah</b>          |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| <i>Problem Orientation</i>                    | Tahap pertama DBOIL adalah orientasi masalah. Tahap ini tidak secara langsung mengarah pada pencapaian indikator argumentasi ilmiah. Namun, tahap ini diperlukan sebagai jembatan bagi siswa untuk membangun argumen ilmiah.                               |                                                           |
| <i>Making Claims</i>                          | Tahap kedua DBOIL adalah membuat klaim. Pada tahap ini, siswa didorong untuk merumuskan klaim berdasarkan permasalahan yang diberikan pada tahap sebelumnya. Hal ini berdampak pada peningkatan pencapaian indikator klaim.                                | <i>Claim</i> (Pernyataan)                                 |
| <i>Collecting data or scientific evidence</i> | Tahap ketiga DBOIL adalah pengumpulan data atau bukti ilmiah. Pada tahap ini, siswa didorong untuk merancang dan melaksanakan kegiatan inkuiri yang bertujuan mengumpulkan data sebagai bukti untuk mendukung klaim yang dirumuskan pada tahap sebelumnya. | <i>Ground</i> (Data)                                      |
| <i>Formulating Reasoning</i>                  | Tahap keempat DBOIL adalah merumuskan penalaran. Pada tahap ini, siswa didorong untuk membuat penalaran yang menunjukkan hubungan antara bukti yang digunakan dan klaim yang telah dirumuskan.                                                             | <i>Warrant</i> (Pembenaran)<br><i>Backing</i> (Pendukung) |

| Sintaks Model DBOIL              | Kegiatan Pembelajaran                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Indikator Keterampilan Argumentasi Ilmiah |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <i>Structured Debate</i>         | Tahap kelima DBOIL adalah debat terstruktur. Pada tahap ini, siswa didorong untuk menyampaikan argumen argumen yang telah disusun pada tahap sebelumnya, yang terdiri dari klaim, bukti dan penalaran selain itu siswa juga diarahkan untuk memberikan tanggapan, sanggahan, dan kritik terhadap argument lawan. | <i>Rebuttal</i><br>(Sanggahan)            |
| <i>Evaluation and Reflection</i> | Tahap keenam DBOIL adalah evaluasi dan refleksi yang berfungsi sebagai penutup pembelajaran.                                                                                                                                                                                                                     |                                           |

(Hendratmoko et al., 2024)

#### 2.1.4 Materi Fluida Statis

Fluida adalah zat yang dapat mengalir karena tidak mampu menahan tegangan geser. Dalam alirannya, fluida mampu menyesuaikan bentuk dengan wadah apa pun yang menampungnya. Sifat ini terjadi karena fluida tidak dapat menahan gaya tangensial terhadap permukaannya, tetapi dapat memberikan gaya dalam arah tegak lurus terhadap permukaannya (Halliday et al., 2018) secara umum fluida dibagi menjadi dua, yaitu fluida tidak bergerak (statis) dan fluida bergerak (dinamis).

##### a. Massa Jenis

Kepadatan dari suatu zat didefinisikan sebagai massa persatuan volume, dimana  $m$  adalah massa sampel zat dan  $V$  adalah volumenya. Kepadatan adalah sifat dari setiap zat murni. Benda yang terbuat dari zat murni seperti emas murni dapat memiliki ukuran atau massa apapun tetapi kepadatannya akan sama untuk masing-masing (Rohman, 2021).

Massa jenis (*density*) dilambangkan  $\rho$  adalah nama lain dari kepadatan suatu zat yang dirumuskan sebagai berikut.

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

Keterangan :

m = massa fluida (kg)

V = Volume fluida (m<sup>3</sup>, cm<sup>3</sup>)

$\rho$  = massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>, g/cm<sup>3</sup>)

Adapun massa jenis beberapa zat ditunjukkan pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4 Massa Jenis Beberapa Fluida**

| Zat                 | Massa jenis $\rho$ ( $\frac{kg}{m^3}$ ) | Jenis Zat |
|---------------------|-----------------------------------------|-----------|
| Aluminium           | $2,7 \times 10^3$                       | Padat     |
| Besi                | $7,9 \times 10^3$                       |           |
| Tembaga             | $8,9 \times 10^3$                       |           |
| Timah               | $11,3 \times 10^3$                      |           |
| Emas                | $19,3 \times 10^3$                      |           |
| Air 20°C dan 1 atm  | $0,988 \times 10^3$                     | Cair      |
| Air 20°C dan 50 atm | $1,000 \times 10^3$                     |           |
| Darah, Plasma       | $1,03 \times 10^3$                      |           |
| Darah Keseluruhan   | $1,06 \times 10^3$                      |           |
| Air Laut            | $1,024 \times 10^3$                     |           |
| Air Raksa           | $13,6 \times 10^3$                      |           |
| Alkohol             | $0,79 \times 10^3$                      |           |
| Bensin              | $0,68 \times 10^3$                      |           |
| Helium              | 0,179                                   | Gas       |
| Udara               | 1,29                                    |           |

(Halliday et al., 2018)

### b. Tekanan

Tekanan didefinisikan sebagai gaya normal (tegak lurus) yang bekerja pada suatu bidang dibagi dengan luas bidang tersebut

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

Keterangan :

F = Gaya tekanan (N)

A = Luas permukaan bidang (m<sup>2</sup>)

P = Tekanan (Pa)

Satuan SI untuk tekanan adalah pascal (Pa) sebagai bentuk penghargaan kepada Blaise Pascal, penemu hukum pascal dengan konversi sebagai berikut

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Untuk keperluan cuaca digunakan satuan atmosfer (atm), atau cmHg, dan milibar (mb) dengan konversi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mb} &= 0,002 \text{ bar} \\ 1 \text{ bar} &= 10^5 \text{ Pa} \\ 1 \text{ atm} &= 76 \text{ mHg } 1,01 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

### c. Tekanan Hidrostatik

Tekanan hidrostatik dapat terjadi disebabkan oleh adanya fluida tak bergerak. Tekanan hidrostatik yang dialami oleh suatu titik di dalam fluida diakibatkan oleh gaya berat fluida yang berada di atas titik tersebut. Jika besarnya tekanan hidrostatik pada dasar tabung adalah  $p$ , menurut konsep tekanan, besarnya  $p$  dapat dihitung dari perbandingan antara gaya berat fluida ( $F$ ) dan luas permukaan bidang ( $A$ ).

$$p = \frac{F}{A} = \frac{\text{gaya berat fluida}}{\text{luas permukaan bidang}}$$

Gaya berat fluida merupakan perkalian antara massa fluida dengan percepatan gravitasi bumi sehingga ditulis

$$P = \frac{W}{A} = \frac{mg}{A}$$

Oleh karena  $m = \rho V$ . Maka persamaan tekanan oleh fluida dituliskan sebagai

$$P = \frac{\rho V g}{A}$$

Volume fluida di dalam bejana merupakan hasil perkalian antara luas permukaan bejana ( $A$ ) dan tinggi fluida ( $h$ ). oleh sebab itu, persamaan tekanan di dasar bejana akibat fluida setinggi  $h$  dapat dituliskan menjadi

$$\begin{aligned} P_h &= \frac{\rho(Ah)g}{A} = \rho h g \\ P_h &= \rho g h \end{aligned} \quad (3)$$

Jika pada permukaan zat cair bekerja tekanan udara luar sebesar  $P_0$ , besar tekanan total pada dasar bejana adalah sebagai berikut.

$$P_h = P_0 + \rho g h \quad (4)$$

Keterangan :

$\rho$  = massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$h$  = tinggi zat cair (m)

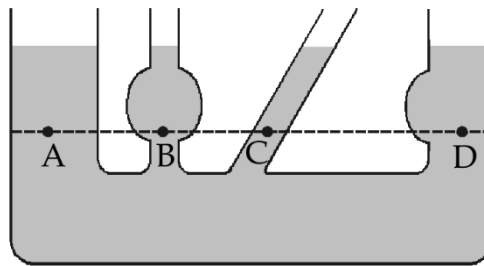
$P_h$  = tekanan hidrostatika (Pa)

$P_0$  = tekanan udara luar pada permukaan zat cair (Pa)

#### d. Hukum Utama Hidrostatika

Hukum utama hidrostatika menyatakan semua titik yang terletak pada suatu bidang datar dalam satu jenis zat cair memiliki tekanan sama.

Gambar 2.2 di bawah menunjukkan bahwa terdapat sebuah bejana yang saling berhubungan yang diisi dengan fluida. Dari gambar tampak bahwa tinggi permukaan di setiap tabung itu sama, meski bentuk dari setiap tabung berbeda, itu artinya, meski bentuk tabung berbeda, besar tekanan di setiap titiknya (di titik A, B, C dan D) adalah sama (Oktaviana, 2024).



**Gambar 2.2 Bejana berhubungan dengan bentuk tabung berbeda**

Sumber : (Oktaviana, 2024)

Persamaan hukum utama hidrostatika dapat diturunkan dengan memperhatikan gambar 2.3.

Misalkan, pada suatu bejana berhubungan dimasukkan dua jenis fluida yang massa jenisnya berbeda, yaitu  $\rho_1$  dan  $\rho_2$ . Selanjutnya, apabila mengukur dari batas terendah fluida 1 dan 2, yaitu titik A dan titik B, fluida 1 mempunyai ketinggian  $h_1$  dan fluida 2 mempunyai ketinggian  $h_2$ . Maka, menurut persamaan tekanan hidrostatika, besar tekanan di titik A dan titik B bergantung pada massa jenis fluida serta ketinggian dalam tabung. Secara sistematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_A &= P_B \\ P_0 + \rho_1 g h_1 &= P_0 + \rho_2 g h_2 \\ \rho_1 h_1 &= \rho_2 h_2 \end{aligned} \tag{5}$$

Keterangan :

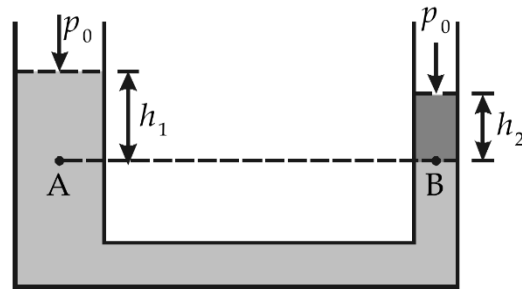
$\rho_1$  = massa jenis fluida 1 ( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho_2$  = massa jenis fluida 2 ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = percepatan gravitasi( $m/s^2$ )

$h_1$  = tinggi zat cair1 (m)

$h_1$  = tinggi zat cair1 (m)



**Gambar 2.3 Bejana berhubungan dengan bentuk tabung sama**

Sumber : (Oktaviana, 2024)

### e. Hukum-Hukum Dasar Fluida Statis

#### 1) Hukum Pascal

Bunyi hukum pascal “Tekanan yang diberikan kepada zat cair di dalam ruang tertutup diteruskan sama besar ke segala arah”. Prinsip kerja hukum pascal yaitu Pengisap 1 mempunyai luas penampang  $A_1$ . Jika pengisap 1 ditekan dengan gaya  $F_1$ , maka zat cair akan menekan pengisap 1 ke atas dengan gaya  $P \cdot A_1$  sehingga terjadi keseimbangan pada pengisap 1 dan berlaku:

$$\begin{aligned} P \times A_1 &= F_1 \\ P &= \frac{F_1}{A_1} \end{aligned} \quad (6)$$

Berdasarkan hukum Pascal, tekanan pada zat cair tersebut diteruskan sama besar ke segala arah, maka pada pengisap 2 bekerja gaya ke atas  $P \cdot A_2$  yang seimbang dengan gaya  $F_2$  yang bekerja pada pengisap 2 dengan arah ke bawah dan berlaku:

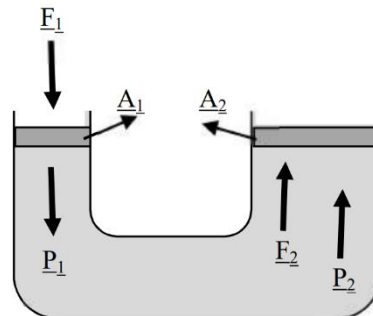
$$\begin{aligned} P \times A_2 &= F_2 \\ P &= \frac{F_2}{A_2} \end{aligned}$$

Maka

$$\begin{aligned} \frac{F_1}{A_1} &= \frac{F_2}{A_2} \\ \frac{F_1}{F_2} &= \frac{A_1}{A_2} \end{aligned}$$

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} \times F_1 \quad (7)$$

Berikut disajikan gambar prinsip hukum pascal



**Gambar 2.4 Prinsip kerja hukum pascal**

Sumber : (Oktaviana, 2024)

## 2) Hukum Archimedes

Gejala lain dari hukum-hukum statika fluida yakni Hukum Archimedes. Hukum Archimedes berbunyi: “Setiap benda yang terendam seluruhnya atau sebagian di dalam fluida mendapat gaya apung berarah ke atas, yang besarnya adalah sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda ini”

Archimedes (287–212 SM), seorang ilmuwan Yunani, telah merumuskan Hukum Archimedes yang disebutkan sebelumnya. Ia mengembangkan sebuah metode untuk mengukur volume objek dengan bentuk tidak beraturan. Jika massa benda di udara adalah  $w$  dan massa benda di dalam cairan adalah  $w'$ , maka gaya ke atas ( $F_a$ ) dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} F_a &= w - w' \\ F_a &= m \times g \\ F_a &= \rho_a \times g \times V_f \end{aligned} \quad (8)$$

Keterangan :

$F_a$  = gaya apung (N)

$\rho_a$  = massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$m$  = massa fluida (kg)

$V_f$  = volume benda yang tercelup dalam zat cair ( $\text{m}^3$ )

Ketika sebuah benda terendam dalam suatu zat cair, selalu ada gaya ke atas yang disebut  $F_a$ , serta gaya berat  $w$  yang mengarah ke bawah. Bergantung pada

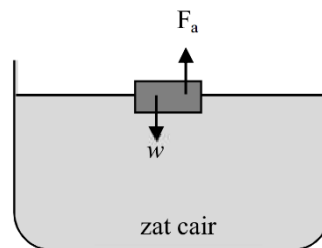
perbandingan kekuatan kedua gaya tersebut, posisi benda di dalam zat cair dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori: mengapung, melayang, dan tenggelam.

a) Mengapung

Benda mengapung jika gaya apung lebih besar daripada berat benda atau massa jenis fluida lebih besar dari massa jenis benda. Syarat benda mengapung:

$$\rho_a > \rho_b$$

Berikut disajikan gambar keadaan benda saat mengapung



**Gambar 2.5 Benda mengapung**

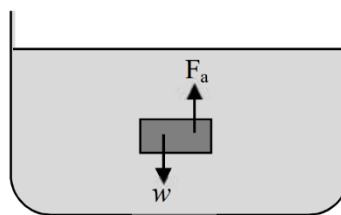
Sumber : (Oktaviana, 2024)

b) Melayang

Benda akan melayang jika gaya apung sama dengan berat benda atau massa jenis fluida sama dengan massa jenis benda. Syarat benda melayang :

$$\rho_a = \rho_b$$

Berikut disajikan gambar keadaan benda saat melayang



**Gambar 2.6 Benda mengapung**

Sumber : (Oktaviana, 2024)

c) Tenggelam

Benda akan tenggelam jika gaya apung lebih kecil daripada berat benda atau massa jenis fluida lebih kecil dari massa jenis benda. Syarat benda tenggelam:

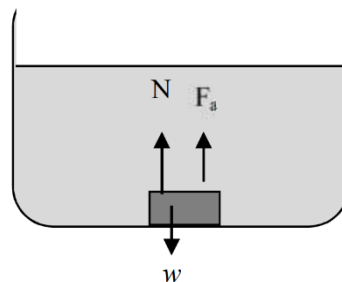
$$\rho_a < \rho_b$$

Keterangan :

$\rho_a$  = massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho_b$  = massa jenis benda ( $\text{kg/m}^3$ )

Berikut disajikan gambar keadaan benda saat tenggelam



**Gambar 2.7 Benda tenggelam**

Sumber : (Oktaviana, 2024)

### 3) Tegangan Permukaan Zat Cair

Tegangan permukaan pada zat cair merupakan kecenderungan permukaan cairan tersebut untuk menegang, sehingga membentuk lapisan yang mirip dengan bahan elastis. Lapisan ini memiliki sifat yang cenderung menyusut sekuat tenaga. Akibatnya, volume cairan tertentu akan berusaha membentuk bentuk dengan luas permukaan yang sekecil mungkin. Fenomena ini dikenal sebagai tegangan permukaan.

Tegangan permukaan ( $\gamma$ ) dalam larutan didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya tegangan permukaan ( $F$ ) dan panjang permukaan ( $d$ ) dimana gaya tersebut bekerja. Dapat ditulis:

$$\gamma = \frac{F}{l} \quad (9)$$

Keterangan ;

$\gamma$  = tegangan permukaan (N/m atau  $\text{Nm}^{-1}$ )

$F$  = gaya tegang permukaan (N)

$l$  = panjang permukaan (m)

Berikut disajikan gambar terkait dengan tegangan permukaan.



**Gambar 2.8 Tegangan permukaan**

Sumber : (Oktaviana, 2024)

Akibat adanya tegangan permukaan, tetesan cairan cenderung membentuk bulatan, karena bentuk bola memberikan luas permukaan yang paling kecil. Hal ini pula yang membuat tetes-tetes embun yang menempel di sarang laba-laba berbentuk bulat.

Tarikan pada permukaan cairan menciptakan semacam lapisan tipis seperti kulit penutup. Inilah yang memungkinkan nyamuk berjalan di atas air, karena lapisan tersebut mampu menahan berat tubuhnya. Fenomena serupa terjadi ketika jarum jahit diletakkan secara perlahan dan horizontal di permukaan air.

Contoh lain dalam kehidupan sehari-hari adalah pemanfaatan detergen saat mencuci pakaian. Detergen dirancang untuk memperbaiki kemampuan air dalam membasahi noda yang menempel pada kain. Mekanismenya adalah dengan menurunkan tegangan permukaan air, sehingga banyak kotoran yang tidak larut dalam air biasa dapat terlarut dalam air yang dicampur detergen. Akibatnya, hasil cucian menjadi lebih bersih.

#### **4) Viskositas, Hukum Stokes dan Kecepatan Terminal**

##### **a) Viskositas**

Viskositas adalah ukuran tingkat kekentalan suatu fluida, yang menunjukkan seberapa besar gesekan internal di dalamnya. Pada fluida yang tidak kental (fluida ideal), tidak ada viskositas yang menghalangi pergeseran antara lapisan-lapisan fluida. Sebaliknya, fluida kental memiliki viskositas atau kekentalan yang signifikan. Berikut disajikan gambar mengenai viskositas. Berikut disajikan gambar mengenai viskositas.



**Gambar 2.9 Viskositas**

Sumber : (Oktaviana, 2024)

Untuk menggeser satu lapisan fluida terhadap lapisan lainnya dalam fluida kental, diperlukan gaya. Besarnya gaya  $F$  yang dibutuhkan untuk

menggerakkan suatu lapisan fluida dengan kecepatan tetap  $v$ , pada luas kontak  $A$  dengan fluida, dan jarak  $L$  dari lapisan yang diam, dirumuskan sebagai berikut:

$$F = \frac{\eta A \times v}{L} \quad (10)$$

Keterangan :

$F$  = gaya yang bekerja (N)

$\eta$  = koefisien viskositas ( $\text{kg m}^{-1}\text{s}^{-1}$ ) atau Pa sekon

$A$  = luas keping yang bersentuhan dengan fluida ( $\text{m}^2$ )

$L$  = jarak antara dua keping (m)

$v$  = kelajuan (m/s)

b) Hukum Stokes

Ketika sebuah benda bergerak dengan kecepatan tertentu di dalam fluida yang kental, gerakannya akan dihalangi oleh gaya gesekan yang diberikan oleh fluida terhadap benda tersebut.

Pada tahun 1845, seorang ilmuwan bernama Sir George Stokes menunjukkan bahwa gaya hambatan  $F$  yang dialami oleh benda berbentuk bola yang bergerak relatif terhadap fluida dapat dinyatakan melalui hubungan matematis sebagai berikut: (rumus tidak lengkap dalam teks asli, sehingga tidak dapat disertakan di sini; secara umum, rumus Stokes adalah  $F = 6\pi\eta rv$ , di mana  $\eta$  adalah koefisien viskositas,  $r$  adalah jari-jari bola, dan  $v$  adalah kecepatan relatif).

$$F_s = 6\pi\eta rv \quad (11)$$

Persamaan inilah yang dikenal dengan “Hukum Stokes”

Keterangan :

$F_s$  = gaya hambatan (N)

$\eta$  = koefisien viskositas ( $\text{kg m}^{-1}\text{s}^{-1}$ ) atau Pa sekon

$r$  = jari – jari bola (m)

$\pi = \frac{22}{7}$  atau 3,14

$v$  = kelajuan (m/s)

c) Kecepatan Terminal

Suatu benda yang dijatuhkan bebas dalam suatu fluida kental, kecepatannya makin membesar sampai mencapai suatu kecepatan terbesar yang tetap. Kecepatan terbesar yang tetap ini dinamakan kecepatan terminal.

$$v_r = \frac{v_r g (\rho_b - \rho_a)}{6\pi\eta r} \quad (12)$$

Untuk benda yang berbentuk bola dengan jari-jari  $r$ , maka diperoleh persamaan:

$$v_r = \frac{2 r^2 \times g}{g \eta} (\rho_b - \rho_a) \quad (13)$$

Keterangan :

$\rho_a$  = massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho_b$  = massa jenis benda ( $\text{kg/m}^3$ )

$v_r$  = kecepatan terminal ( $\text{m/s}$ )

$\eta$  = koefisien viskositas ( $\text{kg m}^{-1}\text{s}^{-1}$ ) atau Pa sekon

$r$  = jari – jari bola (m)

## 2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Hasil kajian penelitian yang berkaitan dengan topik yang akan dibahas oleh peneliti disajikan berikut ini

- a. Penelitian yang dilakukan Hendratmoko et al. (2024) menunjukkan hasil bahwa penerapan model DBOIL terbukti meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah dengan 76,67% mahasiswa menunjukkan peningkatan tinggi. Dengan model DBOIL ini siswa terlatih untuk melakukan eksperimen mandiri dan menciptakan suasana yang lebih interaktif antar siswanya. Adapun perbedaan dari penelitian yang akan dilakukan dengan peneliti sebelumnya adalah pemilihan topik materi yang digunakan yaitu materi fluida statis dan dilakukan pada siswa SMA.
- b. Azzahroh et al. (2024) dalam artikelnya menunjukkan hasil adanya pengaruh yang sangat signifikan antara pembelajaran dengan model inkuiri bermuatan NOS terhadap Argumentasi ilmiah siswa pada mata pelajaran IPA materi zat aditif. Adapun perbedaan dari penelitian yang akan dilakukan dengan

peneliti sebelumnya adalah penggunaan model DBOIL dan pemilihan topik materi yang digunakan yaitu materi fluida statis.

- c. Girsang et al. (2024) dalam artikelnya menunjukkan bahwa penerapan metode debat efektif dalam mengembangkan keterampilan berbicara siswa. Metode ini mendorong siswa untuk menyampaikan pendapat dengan percaya diri dan alasan yang logis, sekaligus meningkatkan motivasi serta keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, metode debat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan argumentatif siswa, mendorong partisipasi aktif, dan menjadikan proses pembelajaran lebih menarik dan bermakna. Adapun perbedaan dari penelitian yang akan dilakukan dengan peneliti sebelumnya adalah penggunaan model DBOIL dan dilakukan pada siswa SMA.
- d. Penelitian yang dilakukan Sandhy et al. (2018) menyatakan bahwa penerapan model pembelajaran inkuiri berpengaruh terhadap peningkatan keterampilan argumentasi peserta didik pada materi getaran dan gelombang di SMP Negeri 3 Pontianak. Adapun perbedaan dari penelitian yang akan dilakukan dengan peneliti sebelumnya adalah penggunaan model DBOIL dan pemilihan topik materi yang digunakan yaitu materi fluida statis.
- e. Dalam penelitiannya Noviyani et al. (2017) menunjukkan bahwa model pembelajaran dengan inkuiri berbasis argumen mampu memfasilitasi siswa untuk meningkatkan penguasaan konsep siswa dan kemampuan berargumentasi siswa. Adapun perbedaan dari penelitian yang akan dilakukan dengan peneliti sebelumnya adalah penggunaan model DBOIL dan penelitian ini dilakukan pada pembelajaran fisika pada materi fluida statis
- f. Widhi et al. (2021) dalam artikelnya Hasil telaah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis pada *Toulmin's Argumentation Pattern* mempengaruhi keterampilan argumentasi serta meningkatkan penguatan dan percepatan pemahaman konsep dan membangun pola argumentasi yang lebih baik. Adapun perbedaan dari penelitian yang akan dilakukan dengan peneliti sebelumnya adalah penggunaan model DBOIL

dan pemilihan topik materi yang digunakan yaitu materi fluida statis

- g. Dalam penelitiannya Hidayah et al. (2022) menyimpulkan bahwa rata-rata keterampilan argumentasi ilmiah kelas kontrol dan kelas eksperimen memiliki perbedaan yang signifikan. Kemampuan siswa pada kelas eksperimen dalam memberikan klaim, data, justifikasi, dukungan, kualifikasi dan sanggahan lebih baik dari pada kelas kontrol setelah diterapkan model inkuiri terbimbing menggunakan laboratorium virtual. Adapun perbedaan dari penelitian yang akan dilakukan dengan peneliti sebelumnya adalah penggunaan DBOIL dan dilakukan pada siswa SMA.
- h. Rhahmadanny et al. (2024) dalam artikelnya menunjukkan model pembelajaran *Argument Driven Inquiry* dapat meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah bagi siswa. Adapun perbedaan dari penelitian yang akan dilakukan dengan peneliti sebelumnya adalah penggunaan model DBOIL dan pemilihan topik materi yang digunakan yaitu materi fluida statis.

Penelitian Hendratmoko et al. (2024) yang menerapkan *model Debate Based on Inquiry Learning* (DBOIL) pada jenjang perguruan tinggi menunjukkan bahwa model ini efektif dalam memfasilitasi keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa dengan indikator Toulmin yang meliputi *claim, evidence, reasoning, counterclaim, dan rebuttal*. Namun demikian, penerapan DBOIL pada konteks perguruan tinggi juga memiliki keterbatasan. Mahasiswa dituntut memiliki kemampuan literasi ilmiah, kemandirian belajar, serta pengalaman berargumentasi yang relatif matang, sehingga proses pembentukan argumen cenderung berfokus pada adu gagasan tingkat lanjut, sementara penguatan struktur dasar argumentasi ilmiah belum sepenuhnya terfasilitasi secara eksplisit. Selain itu, keterbatasan waktu perkuliahan dan heterogenitas latar belakang akademik mahasiswa berpotensi menyebabkan ketidakseimbangan partisipasi dalam debat, khususnya pada mahasiswa dengan kemampuan argumentasi yang lebih rendah.

Keterbatasan tersebut justru menjadi dasar yang mendukung penerapan dan penguatan model DBOIL pada jenjang sekolah menengah atas (SMA). Pada jenjang SMA, siswa berada pada tahap awal pengembangan keterampilan

argumentasi ilmiah, sehingga fokus pembelajaran dapat diarahkan pada penguatan struktur argumentasi yang lebih fundamental, sebagaimana indikator Toulmin yang dikembangkan oleh Erduran yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu *claim*, *ground*, *warrant*, *backing*, dan *rebuttal*. Dalam penelitian ini, peneliti tidak menggunakan indikator *counterclaim*, melainkan memilih indikator *backing* sebagai bagian dari kerangka keterampilan argumentasi ilmiah yang diadaptasi dari model Toulmin yang dikembangkan oleh Erduran. Indikator *counterclaim* menuntut kemampuan kognitif tingkat tinggi, khususnya kemampuan mengantisipasi, memahami, dan merespons argumen alternatif yang berlawanan secara kritis. Kemampuan ini umumnya berkembang lebih optimal pada jenjang pendidikan tinggi, ketika siswa telah memiliki pengalaman berargumentasi dan literasi ilmiah yang matang. Sementara itu, siswa SMA masih berada pada tahap awal pengembangan keterampilan argumentasi ilmiah, sehingga pembelajaran lebih diarahkan pada kemampuan membangun argumen yang kuat dan koheren sebelum dihadapkan pada kompleksitas perbandingan berbagai sudut pandang.

Sebaliknya, indikator *backing* dipandang lebih sesuai untuk konteks SMA karena berfungsi memperkuat *warrant* melalui dukungan berupa konsep, prinsip, atau hukum ilmiah yang relevan (Karlina & Alberida, 2021). Pada materi fluida statis, *backing* memungkinkan siswa mengaitkan data hasil inkuiri (*ground*) dengan konsep fisika, seperti hukum Pascal, hukum Archimedes, dan tekanan hidrostatik, sehingga argumen yang dibangun tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga memiliki dasar teoretis yang jelas. Dengan demikian, penggunaan *backing* membantu siswa memahami hubungan antara bukti empiris dan landasan ilmiah secara lebih mendalam.

Selain itu, pemilihan indikator *backing* sejalan dengan tujuan model *Debate Based on Inquiry Learning* pada jenjang SMA, yaitu menanamkan kemampuan berpikir ilmiah secara sistematis melalui proses inkuiri terbimbing. Peran guru yang lebih intensif memungkinkan pemberian *scaffolding* secara sistematis dalam proses inkuiri, mulai dari pengumpulan data eksperimen fluida statis sebagai *ground*, penalaran ilmiah sebagai *warrant*, hingga penguatan konsep fisika sebagai *backing*. Dengan memperkuat aspek *backing*, siswa tidak

hanya dilatih berdebat, tetapi juga dibimbing dalam membangun argumen ilmiah yang logis dan berbasis bukti. sebagai fondasi sebelum mengembangkan kemampuan berargumentasi tingkat lanjut seperti *counterclaim* pada jenjang pendidikan berikutnya.

Penguatan penerapan DBOIL di SMA didukung oleh berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa pembelajaran debat dan inkuiri secara terpisah maupun terintegrasi efektif dalam meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah siswa sekolah menengah. Pembelajaran debat terbukti mampu meningkatkan kemampuan siswa dalam menyampaikan klaim, memberikan sanggahan, dan mempertahankan pendapat secara rasional (Girsang et al., 2024), sementara pembelajaran inkuiri berperan penting dalam melatih siswa mengaitkan data empiris dengan konsep ilmiah (Sandhy et al., 2018). Integrasi keduanya dalam model DBOIL, khususnya pada materi fluida statis yang bersifat kontekstual dan eksperimental, memberikan peluang yang kuat untuk mengembangkan keterampilan argumentasi ilmiah siswa secara komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini dipandang penting sebagai upaya memperkuat bukti empiris penerapan model DBOIL pada jenjang SMA dengan penyesuaian indikator argumentasi yang lebih sesuai dengan karakteristik perkembangan kognitif siswa.

Selain keterbatasan yang telah diuraikan, penerapan DBOIL pada jenjang perguruan tinggi juga cenderung berfokus pada capaian argumentasi sebagai produk akhir, sementara proses pendalaman konsep (*deep understanding*) tidak selalu menjadi perhatian utama dalam dinamika debat yang kompetitif. Kondisi ini berpotensi membuat mahasiswa lebih menekankan pada kecepatan merespons argumen lawan dibandingkan pada proses refleksi konseptual yang mendalam. Kelemahan tersebut justru membuka peluang penerapan DBOIL yang lebih optimal pada jenjang SMA seiring dengan implementasi pendekatan *deep learning* dalam Kurikulum Merdeka. Pendekatan *deep learning* menekankan pembelajaran bermakna melalui pemahaman konsep yang mendalam, keterkaitan antarkonsep, serta refleksi terhadap proses berpikir siswa (Rosiyati et al., 2025). Dalam konteks ini, DBOIL di SMA dapat dirancang tidak hanya sebagai ajang debat, tetapi sebagai sarana untuk menuntun siswa menggali konsep fluida statis

secara bertahap melalui inkuiri, diskusi terarah, dan argumentasi berbasis bukti. Dengan dukungan peran guru sebagai fasilitator dan pemberi *scaffolding*, DBOIL selaras dengan prinsip *deep learning* Kurikulum Merdeka, sehingga kekurangan DBOIL di perguruan tinggi dapat diatasi melalui pembelajaran yang lebih terstruktur, reflektif, dan berorientasi pada pemahaman konseptual mendalam di jenjang SMA.

Berdasar pada temuan dari penelitian sebelumnya penelitian yang akan lakukan ini memiliki inovasi dengan fokus khusus pada materi fluida statis yang belum banyak diteliti secara khusus dalam studi-studi sebelumnya tentang fluida statis dalam model DBOIL. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengukur pengaruh penerapan model DBOIL terhadap keterampilan argumentasi ilmiah pada tingkat menengah atas siswa.

### 2.3 Kerangka Konseptual

Pada sebuah penelitian, kerangka berpikir merupakan hal yang sangat penting untuk dimiliki karena dapat dijadikan arah dan alur penelitian. Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang dilakukan di SMA Negeri 2 Tasikmalaya, didapatkan hasil bahwa keterampilan argumentasi ilmiah siswa pada pembelajaran fisika masih tergolong rendah. Hal tersebut didasarkan pada wawancara yang telah dilakukan dengan guru mata pelajaran fisika serta hasil tes pendahuluan keterampilan argumentasi ilmiah pada materi fluida statis di kelas XII. Hasil wawancara guru menyebutkan bahwa pembelajaran yang dilakukan cenderung menggunakan model pembelajaran konvensional (ceramah) dan *direct instruction* sehingga keterampilan argumentasi ilmiah siswa masih tergolong rendah karena model tersebut menjadikan siswa objek pasif sehingga kurangnya kesempatan siswa dalam pembelajaran untuk mengasah keterampilan argumentasinya, selanjutnya berdasarkan tes pendahuluan argumentasi ilmiah, siswa dikategorikan sangat rendah.

Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, tentunya perlu diadakan perbaikan dalam proses pembelajaran fisika agar harapannya siswa dapat meningkatkan keterampilan argumentasi ilmiah yaitu salah satunya dengan menerapkan model *Debate Based on Inquiry Learning* (DBOIL) pada materi fluida

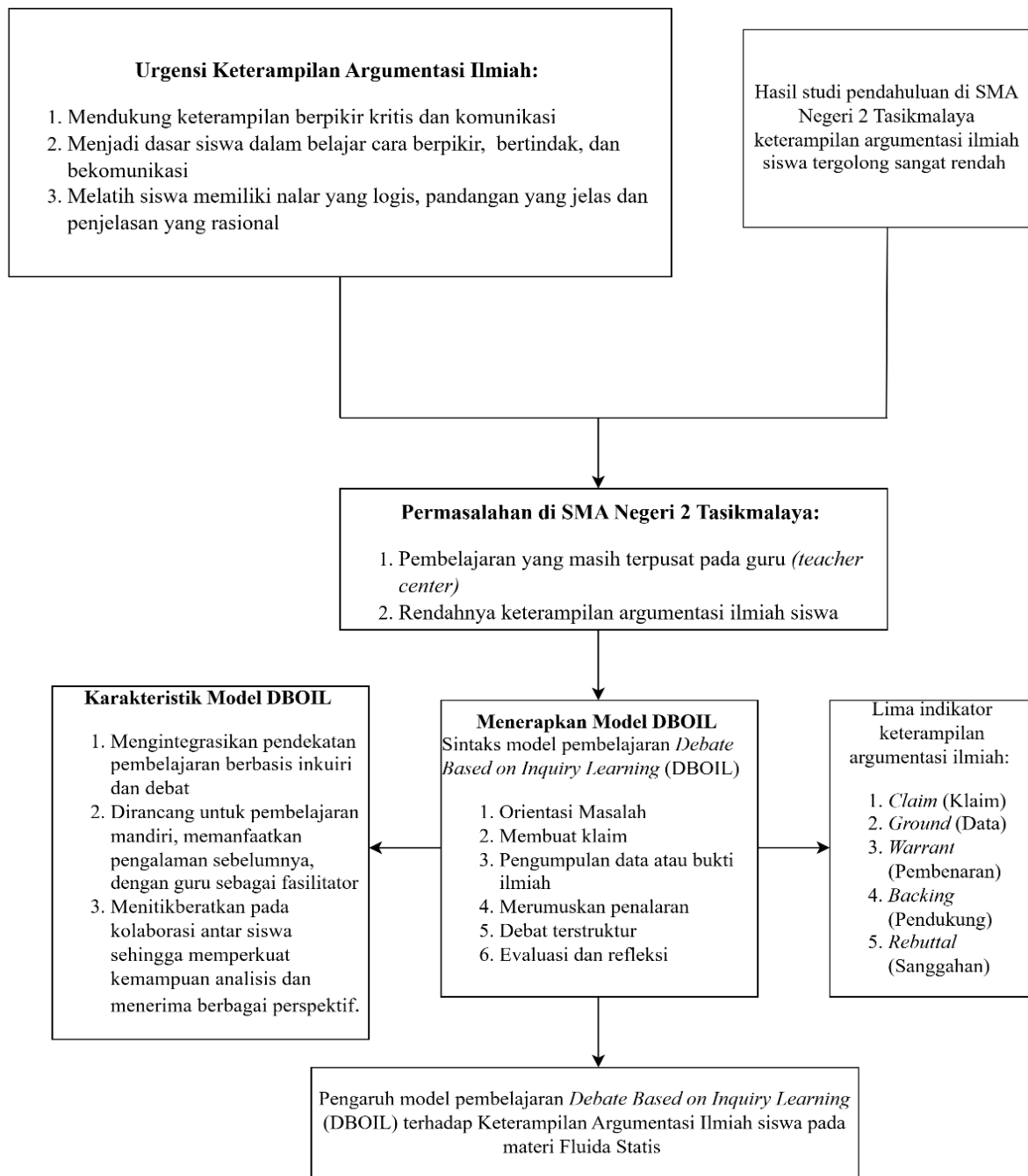
statis. Model DBOIL secara khas menggabungkan proses penyelidikan yang sangat berkaitan dengan argumentasi ilmiah, memberikan kesempatan kepada siswa untuk menyusun klaim, memilih hipotesis, serta membentuk argumen dan kesimpulan yang kuat berdasarkan hasil eksperimen. Kegiatan debat dalam model ini juga berperan penting dalam memfasilitasi keterampilan argumentasi siswa dengan mewajibkan mereka untuk mencari, meneliti, dan mengevaluasi argumen secara kritis, dan menyusun argumen ilmiah yang solid. Model ini didukung oleh berbagai teori pembelajaran seperti konstruktivisme, andragogi, serta teori proses kognitif kompleks yang menjadi landasan kuat dalam upaya meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah dalam konteks pembelajaran fisika.

Model DBOIL memiliki karakteristik yang menonjol dengan mengintegrasikan pendekatan pembelajaran berbasis inkuiri dan debat, sehingga menciptakan proses belajar yang aktif dan investigatif. Model ini dirancang untuk mendukung pembelajaran mandiri, dimana peran guru lebih sebagai fasilitator yang membimbing siswa tanpa mendominasi proses belajar. Selain itu, DBOIL menempatkan kolaborasi antar siswa sebagai fokus utama dalam kegiatan pembelajaran, yang tidak hanya memperkuat kemampuan analisis siswa tetapi juga mendorong keterbukaan dan penerimaan terhadap berbagai perspektif berbeda. Dengan cara ini, model DBOIL mampu mengembangkan keterampilan argumentasi ilmiah secara efektif melalui interaksi sosial dan kegiatan penyelidikan yang sistematis.

Dalam proses pembelajaran menggunakan model DBOIL, siswa akan melewati enam tahapan yang sistematis dan terstruktur untuk mengembangkan keterampilan argumentasi ilmiah mereka. Pertama, pada tahap pengenalan masalah, siswa diperkenalkan dengan isu atau persoalan yang menjadi fokus pembelajaran sehingga membangkitkan rasa ingin tahu dan minat belajar. Kedua, siswa membuat klaim yang merupakan pernyataan awal sebagai jawaban sementara terhadap masalah yang dihadapi. Ketiga, siswa mengumpulkan data atau bukti ilmiah yang relevan melalui eksperimen, observasi, atau kajian literatur untuk mendukung klaim mereka. Keempat, siswa merumuskan pemikiran atau penalaran yang menghubungkan klaim dengan bukti secara logis dan koheren. Kelima, dalam debat

terstruktur, siswa secara aktif mengemukakan argumen, bantahan, dan sanggahan secara kritis dalam suatu diskusi yang terorganisasi untuk menguji kekuatan dan validitas argumen. Terakhir, pada tahap evaluasi dan refleksi, siswa bersama guru melakukan penilaian terhadap proses dan hasil belajar, serta merefleksikan pembelajaran untuk peningkatan keterampilan argumentasi selanjutnya.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuasi eksperimen dengan melibatkan kelas kontrol sebagai pembanding. Pada kelas eksperimen, diterapkan perlakuan berupa model DBOIL, sementara kelas kontrol tidak diberikan perlakuan sehingga menggunakan model *Discovery Learning*. Selanjutnya, setelah perlakuan selesai, dilakukan *posttest* untuk meninjau pengaruh model DBOIL terhadap keterampilan argumentasi ilmiah. Kerangka konseptual penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.10 yang menyajikan hubungan sistematis antara variabel penelitian.



**Gambar 2.10 Kerangka konseptual penelitian**

## 2.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan pertanyaan dalam rumusan masalah, hipotesis penelitian ini adalah

$H_0$  : Tidak ada pengaruh model DBOIL terhadap keterampilan argumentasi ilmiah siswa pada materi fluida statis di Kelas XI SMA Negeri 2 Tasikmalaya Tahun Ajaran 2025/2026

$H_a$  : Ada pengaruh model DBOIL terhadap keterampilan argumentasi ilmiah siswa pada materi fluida statis di Kelas XI SMA Negeri 2 Tasikmalaya Tahun Ajaran 2025/2026