

Naskah diterbitkan: 30 Juni 2015  
DOI: doi.org/10.21009/1.01116

# Analisis Didaktik Pembelajaran yang Dapat Meningkatkan Korelasi antara Pemahaman Konsep dan Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa SMA pada Materi Fluida Dinamis

Fathiah<sup>1,a)</sup>, Ida Kaniawati<sup>2</sup>, Setiya Utari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Sekolah Pascasarjana Program Magister UPI, Jl. Dr. Setiabudhi No. 229, Bandung 40154*

<sup>2</sup>*FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No. 229, Bandung 40154*

Email: <sup>a)</sup>fathi.qudsy@gmail.com

## Abstrak

The background study of the results of discussions with the teacher, the initial data in the form of cognitive ability tests and observations in class about the problem often encountered in physics related to fluid dynamic learning. Problems arise, among others: the student has understood the concept, but less able to use the concept of understanding in solving problems in the real life of the related phenomena. Students tend to capture about a matter but are less able to solve problems related to fluid dynamic phenomena are real. This is due to the fluid dynamic learning material physics that took place in the school they are informative and abstract, tend to be more emphasis on the formulation of mathematical equations, as well as less engaging students in interacting directly with real phenomena. This study aims to develop a fluid dynamic design of learning materials to improve the correlation between the understanding of concepts and problem solving skills based on the analysis of hypothetical learning trajectory (HLT) on cognitive abilities of students. Descriptive study was conducted on 30 students in one of the high schools in the district of Tangerang. The results of the study provide information for further research studies in the development of the hypothesized didactic design can enhance the understanding of the concept of correlation between the problem solving ability of students to the dynamic fluid material.

**Keywords:** Hypothetical Learning Trajectory, didactic design, understanding of concepts, problem solving abilities, dynamic fluid

## Abstrak

Kajian ini dilatarbelakangi dari hasil diskusi dengan guru, data awal berupa tes kemampuan kognitif dan pengamatan di kelas tentang masalah yang sering dihadapi dalam pembelajaran fisika terkait fluida dinamis. Masalah yang muncul antara lain: siswa telah memahami konsep, namun kurang mampu menggunakan pemahaman konsepnya tersebut dalam memecahkan masalah di kehidupan nyata tentang fenomena terkait. Siswa cenderung menguasai soal hitungan tapi kurang mampu memecahkan masalah terkait fenomena fluida dinamis yang riil. Hal ini disebabkan pembelajaran fisika materi fluida dinamis yang berlangsung di sekolah masih bersifat informatif dan abstrak, cenderung lebih ditekankan pada perumusan persamaan matematis, serta kurang melibatkan siswa dalam berinteraksi langsung dengan fenomena nyata. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan desain pembelajaran materi fluida dinamis yang dapat meningkatkan korelasi antara pemahaman konsep dan kemampuan

pemecahan masalah berdasarkan hasil analisis *hypothetical learning trajectory* (HLT) terhadap kemampuan kognitif siswa. Penelitian deskriptif dilakukan pada 30 siswa di salah satu SMA Negeri di Kabupaten Tangerang. Hasil penelitian memberikan informasi untuk kajian penelitian selanjutnya dalam upaya pengembangan desain didaktik yang dihipotesiskan dapat meningkatkan korelasi antara pemahaman konsep dengan kemampuan pemecahan masalah siswa pada materi fluida dinamis.

**Kata-kata kunci:** *Hypothetical Learning Trajectory*, desain didaktik, pemahaman konsep, kemampuan pemecahan masalah, fluida dinamis

## PENDAHULUAN

Dunia kerja saat ini memerlukan orang-orang yang dapat memecahkan masalah. Karena perubahan ketrampilan yang dibutuhkan di dunia kerja tersebut, maka orientasi pendidikan pun bergeser dari membekali siswa dengan ketrampilan rutin menjadi membekali siswa untuk siap menghadapi dan mengatasi tantangan kognitif yang kompleks dan tak biasa. Untuk menghadapi dunia di masa mendatang, siswa tidak cukup hanya dibekali dengan pemahaman konsep, namun perlu dilatihkan juga ketrampilan berfikir menggunakan pengetahuannya itu untuk memecahkan masalah riil yang lebih sering tidak bisa diprediksi. Hal inilah yang menyebabkan kemampuan pemecahan masalah termasuk salah satu keterampilan yang harus dikuasai di abad 21 (PISA 2012). Dengan demikian sudah seharusnya pembelajaran fisika di kelas diharapkan tidak hanya mampu membentuk pemahaman konsep secara utuh dan lebih mendalam, namun juga membekali siswa kemampuan untuk mengaplikasikan konsep yang dimilikinya dalam memecahkan masalah nyata.

Pada kenyataannya proses pembelajaran konsep fluida dinamis di sekolah masih bersifat informatif dan kurang memberikan pengalaman nyata pada siswa. Hasil studi pendahuluan peneliti menunjukkan permasalahan dalam proses pembelajaran, antara lain: 1) Pembelajaran fisika di sekolah cenderung bersifat informatif dan lebih ditekankan pada perumusan persamaan matematis sehingga kurang memfasilitasi siswa dalam mengkoneksikan konsep yang dipelajarinya di kelas dengan fenomena terkait; 2) Praktikum umumnya jarang dilakukan pada materi fluida dinamis. Jikapun dilakukan praktikum, maka biasanya menggunakan alat praktikum yang jarang ditemui siswa dalam kehidupan sehari-hari; 3) *Concept image* fluida dinamis yang disampaikan dalam pembelajaran masih bersifat abstrak. Penyampaiannya lebih sering dilakukan menggunakan animasi, slide presentasi, maupun video. Hal ini mengakibatkan siswa kurang memiliki pengalaman belajar langsung dengan wujud nyata sifat fluida. Padahal fluida yang digunakan dalam pembelajaran dapat digunakan dari bahan yang aman, persediaannya mudah, sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari dan melimpah, seperti air.

Upaya untuk merancang strategi pembelajaran agar siswa dapat mengatasi kesulitan belajarnya dan mengembangkan pemahaman yang lebih dalam dari suatu konsep sains dideskripsikan dalam *Hypothetical Learning Trajectory* (HLT). Komponen HLT terdiri dari: 1) tujuan pembelajaran yang ingin dicapai; 2) sarana-sarana (tugas, konteks pembelajaran) yang akan membantu siswa dalam mencapai tujuan pembelajaran; dan 3) Hipotesis tentang proses pembelajaran (Baroody 2004). HLT merupakan bagian dari *Hypothetical Learning Progression* (HLP) yang menggambarkan secara spesifik bagaimana membantu siswa mencapai tujuan pembelajaran, yang mendukung siswa untuk bergerak dari tingkat HLP satu ke tingkat HLP yang lebih tinggi (Stevens 2010).

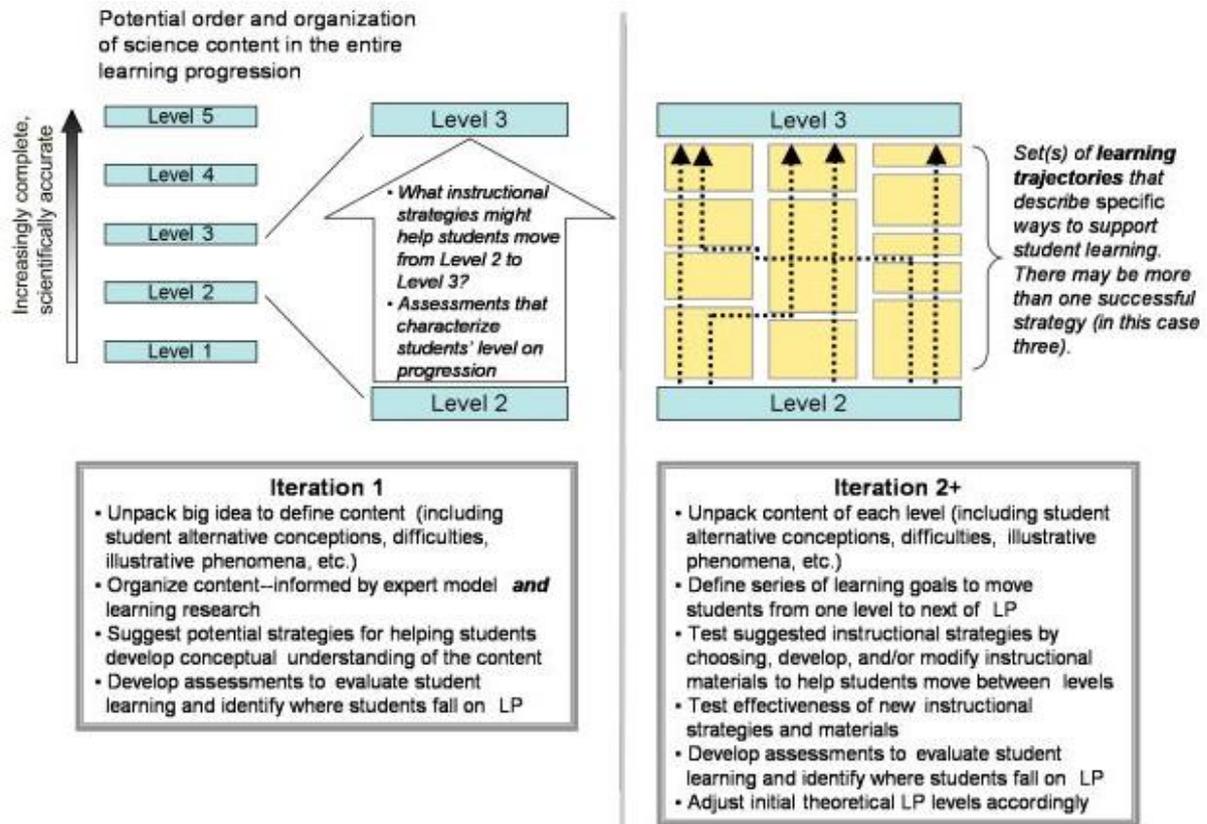
Sebuah *learning trajectory* tidak akan pernah bisa diklaim sebagai satu-satunya cara terbaik untuk menggerakkan semua siswa ke arah pemahaman (Baroody 2004). Oleh karena itu, *Learning Trajectory* dianggap hipotesis meskipun telah divalidasi oleh ribuan siswa secara empiris.

Guru dapat menggunakan HLT ini untuk merancang proses pembelajaran yang memperbaiki hasil belajar siswa. Dimulai dengan menemukan kesulitan belajar siswa melalui asesmen, kemudian menggunakan informasi dari asesmen untuk mengembangkan desain didaktik yang dapat membantu siswa mencapai tujuan pembelajaran. Desain didaktik ini dituangkan dalam RPP. Dengan demikian, RPP seharusnya dibangun atas dasar hal-hal yang dipandang sulit bagi siswa.

Tujuan penelitian ini yaitu: 1) Mendeskripsikan kesulitan belajar siswa dalam mempelajari materi fluida dinamis; dan 2) Mengembangkan desain didaktik untuk materi fluida dinamis

berdasarkan kesulitan belajar siswa tersebut. Penelitian dilakukan pada materi fluida dinamis yang dipelajari di kelas 11 semester 2.

Kompetensi dasar yang harus dicapai siswa untuk pokok bahasan fluida dinamis berdasarkan Permen No. 59 tentang Kurikulum SMA adalah: 3.7) menerapkan prinsip fluida dinamis dalam teknologi; 4.7) memodifikasi ide/gagasan proyek sederhana yang menerapkan prinsip fluida dinamis.



**GAMBAR 1.** Model HLP dan proses perkembangan, perbaikan dan pengujian empiris (Stevens 2010).

Berdasarkan panduan kurikulum, analisis konten dengan memperhatikan kedalaman dan keluasan konsep, serta kompetensi yang ingin dicapai, maka dirumuskan indikator capaian pembelajaran, yakni:

1. Mengidentifikasi ciri-ciri fluida ideal
2. Mendefinisikan besaran debit
3. Memformulasikan hubungan kecepatan aliran dengan luas penampang menurut Azas Kontinuitas
4. Memformulasikan hubungan kecepatan aliran dengan tekanan menurut Azas Bernoulli
5. Menerapkan azas kontinuitas dan azas Bernoulli dalam teknologi di kehidupan sehari-hari

Dari indikator pencapaian tersebut, dapat dirancang luaran berupa desain didaktik yang dihipotesiskan dapat meningkatkan korelasi antara pemahaman konsep dengan kemampuan pemecahan masalah siswa pada materi fluida dinamis.

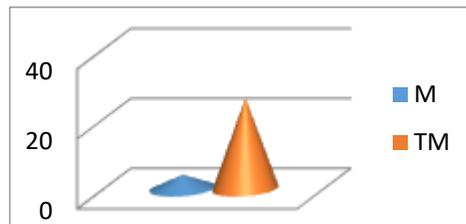
## METODE PENELITIAN

Metode analisis deskriptif kualitatif digunakan dalam penelitian ini. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas 12 di suatu SMA yang telah mengalami pembelajaran tentang fluida dinamis. Penelitian awal dilakukan dengan mengujicoba delapan butir soal kepada 30 siswa kelas 12 IPA yang telah mengalami pembelajaran materi fluida dinamis pada saat kelas 11 semester 2. Siswa diminta untuk mengerjakan soal uraian sehingga dapat lebih mudah diidentifikasi pola berfikirnya.

Wawancara dilakukan untuk mendapatkan informasi secara lebih mendalam mengenai data yang diperoleh dari instrumen *essay*.

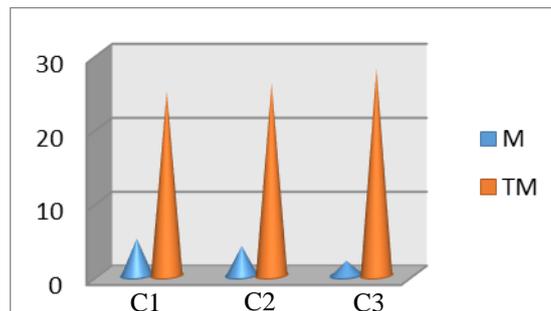
Hasil jawaban siswa dianalisis untuk mendapatkan gambaran profil kemampuan kognitif siswa pada materi fluida dinamis. Data dianalisis dengan menggunakan tafsiran persentatif (Suharsimi 2011) dan kemudian dikelompokkan dalam dua kategori: 1) Menguasai konsep (M); dan 2) Tidak menguasai konsep (TM). Selain itu, dianalisis juga desain didaktis yang dapat dikembangkan untuk membelajarkan konsep fluida dinamis.

### HASIL DAN PEMBAHASAN



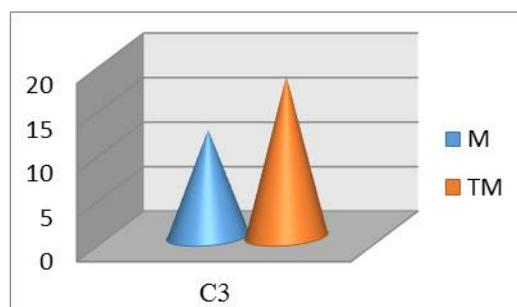
GAMBAR 2. Profil kemampuan kognitif siswa pada materi ciri-ciri fluida ideal.

Dari data ditunjukkan bahwa hanya sebanyak 13% siswa yang menguasai konsep. Berdasarkan hasil wawancara diketahui bahwa siswa hafal ciri-ciri fluida ideal, namun ketika disajikan informasi faktual mengenai suatu ciri fluida, siswa tidak bisa menentukan ciri fluida manakah yang dimaksud. Hal ini dikarenakan siswa belum mendapatkan pengalaman nyata (*real experience*) tentang ciri-ciri fluida dinamis dalam pembelajaran sehingga *concept image* mengenai materi itu masih abstrak dalam pikiran siswa.



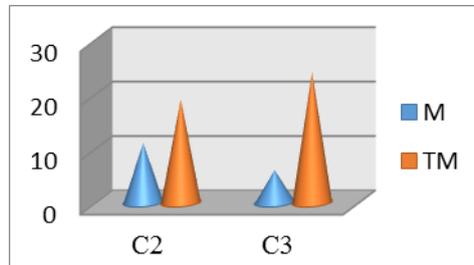
GAMBAR 3. Profil kemampuan kognitif siswa pada materi debit.

Untuk konsep debit, terdapat tiga butir soal yang masing-masing mewakili kompetensi C1, C2, dan C3 dalam taksonomi Bloom revisi. Dari ketiga butir soal tersebut, didapatkan bahwa kemampuan kognitif debit pada siswa masih sangat rendah. Kesulitan belajar siswa terkait konsep ini antara lain: 1) siswa belum bisa mengidentifikasi besaran apa saja yang mempengaruhi debit; 2) Siswa bisa mengerjakan soal hitungan, tapi belum mampu menerapkan persamaan debit tersebut untuk memecahkan masalah nyata. Berdasarkan hasil wawancara, diketahui bahwa siswa memang terbiasa mengerjakan soal hitungan terkait debit, tapi belum terbiasa dengan soal pemecahan masalah nyata yang diberikan.



GAMBAR 4. Profil kemampuan kognitif siswa pada materi asas kontinuitas

Dari data kemampuan kognitif asas kontinuitas, diketahui bahwa sebanyak 40% siswa menguasai konsep. Dari hasil wawancara diketahui bahwa siswa diberi contoh tentang hubungan luas penampang lubang selang air dengan kecepatan aliran air saat mencuci motor. Karena sebagian besar siswa pernah mengalami hal tersebut dalam kehidupan nyata, maka konsep ini cukup dikuasai oleh siswa.



**GAMBAR 5.** Profil kemampuan kognitif siswa pada materi Azas Bernoulli

Untuk indikator capaian terkait prinsip Bernoulli, diberikan soal level C2 dan C3 berdasarkan taksonomi Bloom revisi. Didapatkan temuan bahwa siswa dapat menjelaskan cara kerja suatu alat berdasarkan Azas Bernoulli (C2). Namun ketika diminta menerapkan Azas Bernoulli untuk memecahkan suatu permasalahan nyata, sebanyak 80% siswa gagal melakukannya. Dari hasil wawancara, didapatkan informasi bahwa pada saat pembelajaran, siswa diminta mempresentasikan cara kerja suatu alat berdasarkan Azas Bernoulli dalam pembelajaran. Karena memiliki pengalaman tersebut, mereka percaya diri dalam menjawab soal C2. Namun ketika diminta memecahkan masalah, lagi-lagi siswa mengatakan bahwa Azas Bernoulli bersifat abstrak dan sulit dipahami. Hal ini menunjukkan korelasi antara pemahaman konsep dengan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah masih rendah.

Berdasarkan tes kemampuan kognitif siswa, diketahui bahwa kemampuan kognitif siswa masih rendah hampir di semua sub materi fluida dinamis, yakni: ciri-ciri fluida ideal, debit, asas kontinuitas dan Azas Bernoulli. Selain rendahnya kemampuan kognitif siswa, ditemukan pula bahwa korelasi antara pemahaman konsep dengan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah masih rendah. Hal ini dapat dilihat dari GAMBAR 5, bahwa meskipun pemahaman konsep Bernoulli tercapai, namun ketika siswa dihadapkan pada masalah yang solusinya menggunakan prinsip Bernoulli, siswa belum mampu menggunakan pemahamannya tersebut untuk memecahkan masalah. Kesulitan belajar siswa pada materi fluida dinamis berdasarkan hasil temuan kemudian diklasifikasi menjadi beberapa tipe, seperti ditunjukkan pada TABEL 1.

**TABEL 1.** Tipe kesulitan belajar siswa & indikatornya

<b>Tipe Kesulitan Belajar</b>	<b>Indikator</b>
1. Kesulitan belajar terkait dengan <i>concept image</i> mengenai ciri-ciri fluida ideal yang masih abstrak	Siswa belum bisa menentukan ciri fluida yang disajikan oleh informasi faktual, karena tidak memiliki pengalaman belajar langsung dengan wujud nyata dari ciri fluida
2. Kesulitan siswa terkait besaran apa saja yang mempengaruhi debit	Siswa belum bisa mengidentifikasi besaran debit berdasarkan informasi yang disajikan pada soal
3. Kesulitan belajar siswa terkait dengan kemampuan siswa dalam memformulasikan hubungan antar besaran-besaran yang mempengaruhi suatu fenomena	Siswa belum memahami hakikat besaran yang berbanding lurus, berbanding terbalik serta belum mampu menentukan operasi aljabar yang tepat untuk mendefinisikan hubungan antar besaran.
4. Kesulitan belajar siswa terkait rendahnya korelasi antara pemahaman konsep siswa dengan kemampuan mereka dalam memecahkan masalah	Siswa bisa mengerjakan soal hitungan tapi belum mampu menggunakan konsep tersebut untuk memecahkan masalah terkait fenomena nyata yang disajikan dalam soal

Mengikuti pola *hypothetical learning trajectory (HLT)*, setelah kesulitan belajar siswa diidentifikasi, dikembangkanlah analisis didaktik untuk mengatasi kesulitan belajar siswa tersebut.

Secara umum, kesulitan belajar yang dihadapi siswa pada materi fluida dinamis disebabkan oleh kurangnya pengalaman nyata siswa dalam berinteraksi dengan fenomena fluida dinamis. Oleh karena itu strategi pembelajaran yang disarankan peneliti antara lain memuat unsur-unsur sebagai berikut.

- 1) Memberikan siswa pengalaman nyata dalam berinteraksi dengan fenomena (*learning by doing*), seperti *experiential learning* atau *project-based learning*.
- 2) Menghadapkan siswa pada masalah nyata terkait fenomena fluida dinamis, seperti pada *problem-based learning*
- 3) Menuntut siswa untuk menggunakan seluruh kemampuannya dalam memecahkan masalah tersebut (*decision-based learning* atau *problem solving*)

Melalui proses kajian literatur didapatkan temuan bahwa unsur-unsur tersebut di atas dapat dipenuhi oleh model pembelajaran *Challenge-Based Learning (CBL)*. *CBL* adalah bentuk lain dari *problem based learning*, tapi berisi beberapa komponen dari perspektif *experiential learning*, *project based learning* dan *decision-based learning* (Apple, Inc 2010). Dalam *CBL*, siswa diberikan tantangan dan dituntut untuk memecahkan masalah yang terjadi di sekitarnya, melakukan refleksi atas kegiatan, dan mempublikasikan pemecahan masalah kepada orang lain (Johnson 2009).

Berdasarkan informasi kesulitan belajar siswa dan analisis pembelajaran yang mungkin dapat mengatasi kesulitan tersebut, dikembangkan desain didaktik sebagai berikut.

**TABEL 2.** Analisis didaktik berdasarkan kesulitan belajar siswa pada materi fluida dinamis

Kondisi	Desain Didaktik
Kesulitan belajar terkait dengan <i>concept image</i> mengenai ciri-ciri fluida ideal yang masih abstrak	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tahap persiapan: Membagi siswa dalam kelompok, membagikan lembar kerja, menentukan ide pokok, memberikan tantangan.</li> <li>➤ Tahap Inti: Memberi kesempatan siswa memecahkan tantangan dengan mengobservasi langsung sifat air, mengidentifikasi ciri-ciri fluida mengalir dari hasil observasi dan mendiskusikan ciri fluida ideal.</li> <li>➤ Tahap Penutup: Mengases keberhasilan pemecahan tantangan, merefleksi hasil kegiatan dan bersama-sama menyimpulkan ciri fluida ideal</li> </ul>
Kesulitan siswa terkait besaran apa saja yang mempengaruhi debit.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tahap persiapan: Membagi siswa dalam kelompok, membagikan lembar kerja, menentukan ide pokok, memberikan tantangan.</li> <li>➤ Tahap inti: Investigasi volume fluida yang mengalir tiap satuan waktu atau kecepatan aliran fluida pada tiap luas penampang</li> <li>➤ Tahap Penutup: Mengases keberhasilan pemecahan tantangan, merefleksi hasil kegiatan dan bersama-sama menyimpulkan rumusan debit</li> </ul>
Rendahnya kemampuan siswa dalam memformulasikan hubungan antar besaran-besaran yang mempengaruhi suatu fenomena	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Siswa mengidentifikasi sendiri besaran-besaran yang terdapat dalam suatu fenomena</li> <li>➤ Membimbing siswa dalam menganalisis hubungan antar besaran menggunakan pendekatan multiple representasi, dengan menggunakan format verbal, matematis, piktoral dan grafis.</li> <li>➤ Siswa bisa menggunakan representasi yang mereka mengerti untuk menunjukkan hubungan antar besaran</li> </ul>
Rendahnya korelasi antara pemahaman konsep siswa dengan kemampuan mereka dalam memecahkan masalah	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tahap persiapan: Membagi siswa dalam kelompok, membagikan lembar kerja, menentukan ide pokok, memberikan tantangan.</li> <li>➤ Tahap inti: siswa mendiskusikan solusi yang mungkin, mendesain rancangan solusinya, menginvestigasi efektifitas solusinya dan mempresentasikan solusi</li> <li>➤ Penutup: Mengases keberhasilan pemecahan tantangan, dan bersama-sama merefleksi hasil kegiatan pembelajaran</li> </ul>

Desain didaktik diatas merupakan hipotesis peneliti dalam mengembangkan cara-cara penyampaian konsep fluida dinamis berdasarkan analisa kesulitan belajar siswa. Kemungkinan adanya hipotesis yang berbeda mengenai desain didaktik yang lebih efektif dalam membelajarkan konsep fluida dinamis selalu terbuka. Karena dalam *HLT*, ada banyak lintasan yang mungkin dapat ditempuh untuk mencapai suatu tujuan pembelajaran, dan bisa saja semua lintasan tersebut bagus dalam mengatasi kesulitan belajar siswa (Baroody 2004).

## KESIMPULAN

Artikel ini bertujuan mengidentifikasi kesulitan belajar siswa terkait konsep fluida dinamis; dan mengembangkan desain didaktik untuk materi fluida dinamis berdasarkan kesulitan belajar siswa.

Ditemukan bahwa tipe kesulitan belajar siswa adalah: 1) Kesulitan belajar terkait *concept image* yang masih abstrak; 2) Kesulitan belajar mengidentifikasi besaran; 3) Kesulitan belajar terkait kemampuan memformulasikan hubungan; 4) Rendahnya korelasi antara pemahaman konsep siswa dengan kemampuan mereka dalam memecahkan masalah.

Dari kesulitan belajar siswa tersebut, dikembangkanlah desain didaktik yang dihipotesiskan dapat memperbaiki penguasaan konsep siswa. Desain didaktik yang disarankan memuat unsur sebagai berikut.

- 1) Memberikan siswa pengalaman nyata dalam berinteraksi dengan fenomena (*learning by doing*), seperti *experiential learning* atau *project-based learning*.
- 2) Menghadapkan siswa pada masalah nyata terkait fenomena fluida dinamis, seperti pada *problem-based learning*
- 3) Menuntut siswa untuk menggunakan seluruh kemampuannya dalam memecahkan masalah tersebut (*decision-based learning* atau *problem solving*)

*Challenge based learning (CBL)* merupakan pembelajaran berbasis tantangan yang memberikan pengalaman belajar kepada siswa dalam menyelesaikan permasalahan nyata. Model pembelajaran *CBL* melatih pemahaman konsep siswa dimana siswa menemukan konsep-konsep yang ingin dipelajari dan mengalami proses kognitif melalui kegiatan mencari solusi untuk menjawab tantangan (kegiatan inti) dan dikuatkan kembali dalam kegiatan refleksi. Dengan keunggulan-keunggulannya tersebut, *CBL* diharapkan dapat mengatasi kesulitan-kesulitan belajar siswa terkait materi fluida dinamis.

Akan tetapi seperti dikatakan sebelumnya, bahwa sebuah *learning trajectory* tidak akan pernah bisa diklaim sebagai satu-satunya cara terbaik untuk menggerakkan semua siswa ke arah penguasaan konsep. Artikel ini memberikan salah satu desain didaktik yang dihipotesiskan dapat meningkatkan korelasi antara pemahaman konsep dengan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah. Pengajar dapat menggunakan cara-cara ini untuk diterapkan dalam kelasnya ataupun mengembangkan analisis didaktik sesuai dengan karakteristik siswa yang dihadapi.

## REFERENSI

- A. Suharsimi. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara (2011).
- A.J. Baroody, M.Cibulskis, M. Lai & X. Li. Comments on The Use of Learning Trajectories in Curriculum Development and Research, *Mathematical Thinking and Learning*. Vol. 6 No. 2 (2004), pp.227-260.
- Apple, Inc. *Challenge Based Learning: A Classroom Guide*. Apple, Inc (2010).
- L.F. Johnson, R.S. Smith, J. Troy, R.K. Varon. *Challenge-Based Learning: An Approach for Our Time*. Austin, Texas: The New Media Consortium (2009)
- OECD. *PISA 2012 Results: Creative Problem Solving: Students' Skills in Tackling Real Life Problems (Volume V)*. PISA, OECD Publishing (2014).

S.Y. Stevens, C. Delgado, J.S. Krajcik. Developing a Hypothetical Multi Dimensional Learning Progression for The Nature of Matter. *Journal of Research in Science Teaching* Vol 47 No. 6 (2010), pp.687-715.