



Desain didaktis materi gelombang bunyi pada pipa organa berdasarkan hambatan belajar siswa

Alifattun Nazwiyah*, Heni Rusnayati, Agus Fany Chandra Wijaya

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Pendidikan Indonesia.

*e-mail: nazwiyah@gmail.com

ABSTRAK

Berdasarkan fakta bahwa siswa masih mengalami hambatan belajar, salah satunya adalah mata pelajaran Fisika. Salah satu untuk mengatasi hambatan belajar yang dialami siswa adalah menyusun suatu rancangan berdasarkan hambatan belajar yang dialami siswa sebagai prediksi respon baik pada saat pembelajaran maupun setelah proses pembelajaran yang kemudian disebut Penelitian Desain Didaktis atau Didactical Design Research (DDR). Penelitian ini dilatar belakangi oleh rendahnya pengetahuan siswa dalam konsep gelombang bunyi pada pipa organa. Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh desain didaktis yang telah dirancang dan diimplementasikan dapat meminimalisasi hambatan belajar siswa. Metode yang digunakan yaitu menggunakan Tes Kemampuan Responden (TKR) yang implementasikan pada salah satu SMA di wilayah kota Bandung. Analisis kemampuan siswa dalam materi gelombang bunyi pada pipa organa dibagi menjadi empat bagian yaitu frekuensi, panjang gelombang, panjang kolom udara, dan cepat rambat bunyi. Hasil TKR awal didapatkan pada konsep frekuensi hambatannya sebesar 52,14%, konsep panjang gelombang hambatannya sebesar 92,86%, konsep panjang kolom udara hambatannya sebesar 60,72%, dan konsep cepat rambat bunyi hambatannya sebesar 98,21%.

Kata kunci : Desain Didaktis, Hambatan Belajar, Gelombang Bunyi pada Pipa Organa.

1. Pendahuluan

Untuk terciptanya proses pembelajaran dalam satuan pendidikan melibatkan tiga komponen yaitu peserta didik (siswa), pendidik (guru) dan sumber belajar. Jika ketiga komponen yang didukung kurikulum memiliki kualitas dan kuantitas yang baik, maka tujuan negara Republik Indonesia terdapat dalam pembukaan Undang-Undang Dasar Republik Indonesia serta fungsi sistem pendidikan nasional terdapat dalam Undang-Undang Republik Indonesia No 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional dapat tercapai.

Menurut Schunk, Dale H. (2012, hlm 5) menyatakan bahwa pembelajaran merupakan perubahan yang bertahan lama dalam perilaku, atau dalam kapasitas berperilaku dengan cara tertentu yang dihasilkan dari praktik atau bentuk-bentuk pengalaman lainnya. Sehingga dalam pembelajaran harus merubah siswa dari tidak tahu menjadi tahu, yang tidak bisa menjadi bisa, atau dari yang tidak terampil menjadi terampil. Selain itu, pengalaman siswa menjadi sangat penting dalam

pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan berpikir jangka panjang dan meningkatkan keterampilan siswa terutama dalam pembelajaran Fisika. Sehingga pembelajaran Fisika yang dilakukan dapat berlangsung dengan baik. Untuk menunjang hal tersebut, pembelajaran Fisika dalam pelaksanaan kurikulum 2013 di semua tingkatan satuan pendidikan menggunakan pendekatan saintifik. Langkah-langkah saintifik meliputi mengamati, menanyakan, mencoba, menalar, dan mengkomunikasikan.

Fakta dilapangan mengenai pembelajaran menunjukkan bahwa siswa masih mengalami hambatan-hambatan belajar di sekolah, salah satunya adalah mata pelajaran Fisika. Hambatan-hambatan yang timbul bisa jadi pada dirinya yang sudah menganggap terlebih dahulu bahwa mata pelajaran Fisika itu susah atau biasa jadi, desain yang digunakan guru kurang tepat. Ada beberapa siswa yang mengaku kesulitan dalam menerima pembelajaran Fisika, karena pembelajaran berpusat pada guru dan sedikit sekali melakukan praktikum

serta demonstrasi menggunakan alat untuk menunjang pembelajaran. Untuk membuktikan hal tersebut, maka akan dilakukan studi pendahuluan di salah satu SMA untuk mengetahui hambatan epistemologi pada materi gelombang bunyi dan pengisian angket untuk mengetahui hambatan ontogenik. Karena materi tersebut berada di kelas XI, maka studi pendahuluan dilakukan pada kelas XII yang sudah belajar materi gelombang bunyi pada pipa organa. Analisis kemampuan siswa dalam materi gelombang bunyi pada pipa organa dibagi menjadi empat bagian yaitu frekuensi, panjang gelombang, panjang kolom udara, dan cepat rambat bunyi. Hasil tes pendahuluan awal didapatkan pada konsep frekuensi hambatannya sebesar 52,14%, konsep panjang gelombang hambatannya sebesar 92,86%, konsep panjang kolom udara hambatannya sebesar 60,72%, dan konsep cepat rambat bunyi hambatannya sebesar 98,21%.

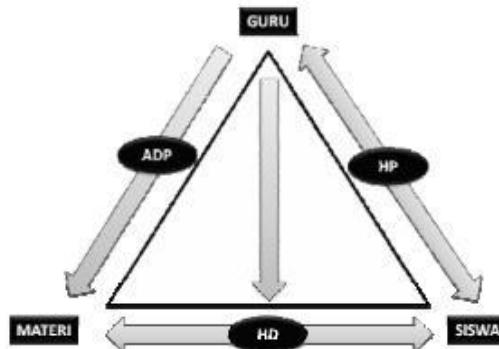
Berdasarkan hasil analisis studi pendahuluan terdapat pola-pola antara hambatan ontogenik dengan hambatan epistemologi. Pola hambatan ontogenik dan hambatan epistemologi memiliki kategori hambatan tinggi-tinggi sebesar 28,57% dari 28 orang siswa, dapat diartikan sebagai siswa belum siap dalam pembelajaran dan pengetahuan siswa masih rendah. Pola hambatan ontogenik dan hambatan epistemologi memiliki kategori hambatan rendah-rendah sebesar 3,57% dari 28 orang siswa, dapat diartikan sebagai siswa memiliki hambatan ontogenik yang rendah atau siswa siap dalam pembelajaran, dan hambatan epistemologi yang rendah atau siswa memiliki pengetahuan yang tinggi. Dari kedua pola hambatan tersebut dapat disimpulkan bahwa ketika seseorang belum siap dalam pembelajaran, maka pengetahuan yang didapatkan siswa tidak optimal, lebih besar persentasenya dibandingkan dengan ketika seseorang sudah siap dalam pembelajaran, maka pengetahuan siswa yang didapatkan optimal. Pola hambatan ontogenik dan hambatan epistemologi memiliki kategori hambatan tinggi-rendah sebesar 0,00% dari 28 orang siswa, dapat diartikan sebagai siswa memiliki hambatan ontogenik yang

tinggi atau siswa belum siap dalam pembelajaran, akan tetapi hambatan epistemologi yang rendah atau siswa memiliki pengetahuan yang tinggi. Pola hambatan ontogenik dan hambatan epistemologi memiliki kategori hambatan rendah-tinggi sebesar 67,86% dari 28 orang siswa, dapat diartikan sebagai siswa memiliki hambatan ontogenik yang rendah atau siswa siap dalam pembelajaran, akan tetapi hambatan epistemologi yang tinggi atau siswa memiliki pengetahuan yang rendah. Dari data kedua pola tersebut dapat disimpulkan bahwa siswa sudah siap dalam belajar, akan tetapi pengetahuan yang didapatkan tidak optimal lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang belum siap dalam pembelajaran, akan tetapi pengetahuan yang didapatkan optimal. Dari keempat pola tersebut kita dapat simpulkan bahwa hambatan ontogenik dengan hambatan epistemologi saling berhubungan, dimana jika kategori hambatan ontogenik tinggi, maka kategori hambatan epistemologi tinggi, dan sebaliknya jika kategori hambatan ontogenik rendah, maka kategori hambatan epistemologi rendah.

Menurut Suryadi (2014, hlm 135) mengatakan bahwa terdapat tiga jenis kesulitan yang biasanya dihadapi anak. Pertama, kesulitan atau hambatan yang diakibatkan ketidaksesuaian tingkat kemampuan anak dengan tuntutan berpikir yang terkandung dalam bahan ajar. Kedua, kesulitan yang diakibatkan keterbatasan konteks dalam memahami sebuah konsep, jika konsep tersebut disajikan dalam suatu masalah dengan konteks berbeda, maka anak akan mengalami kesulitan karena tidak menyadari bahwa konsep yang sebenarnya dipahaminya dapat diterapkan dalam penyelesaian masalah tersebut. Ketiga, kesulitan yang diakibatkan kekeliruan atau kelemahan terkait desain materi ajar. Mempertimbangkan tiga jenis kesulitan atau hambatan belajar tersebut merupakan hal yang sangat penting dalam mendesain materi ajar baru. Oleh karena itu, peneliti merasa perlu mengadakan suatu penelitian desain didaktis untuk mengantisipasi hambatan belajar yang dihadapi siswa pada konsep gelombang bunyi pada pipa organa.

Didactical Design Research diperkenalkan di Indonesia oleh Suryadi, D (2010) untuk menunjang teori yang telah beliau kembangkan yaitu metapedadidaktik

untuk mempelajari Matematika. Suryadi (2010, hlm. 5) menggambarkan hubungan tersebut ke dalam segitiga didaktis kansanen yang di modifikasi berikut ini:



Gambar 1 Segitiga Didaktis yang dimodifikasi
Sumber : Suryadi (2010 hlm 5)

Dalam segitiga didaktis tersebut digambarkan Hubungan Didaktis (HD) antara siswa dan materi, serta Hubungan Pedagogis (HP) antara guru dan siswa, serta hubungan antisipatif guru-materi yang selanjutnya disebut Antisipasi Didaktis Pedagogis (ADP) Hubungan Guru-Siswa-Materi. Suryadi (2010, hlm. 5) menyatakan bahwa peran guru paling utama dalam konteks segitiga didaktis ini adalah menciptakan suatu situasi didaktis (didactical situation) sehingga terjadi proses belajar dalam diri siswa (learning situation). Ini berarti bahwa seorang guru selain perlu menguasai materi ajar, juga perlu memiliki pengetahuan lain yang terkait dengan siswa serta mampu menciptakan situasi didaktis yang dapat mendorong proses belajar secara optimal. Dengan kata lain, seorang guru perlu memiliki kemampuan menciptakan relasi didaktis (didactical relation) antara siswa dan materi ajar sehingga tercipta suatu situasi didaktis ideal bagi siswa.

2. Metode

Desain yang digunakan dalam penelitian ini adalah Didactical Design Research (DDR). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hambatan belajar yang bersifat ontogenik, didaktis, dan epistemologi pada konsep gelombang bunyi pada pipa organa serta menyusun sebuah desain didaktis yang bertujuan untuk mengatasi hambatan belajar yang muncul.

Menurut Dewi, Sumiaty dan Suryadi (2016) bahwa penelitian desain didaktis terdiri dari tiga tahapan analisis, yaitu :

a. Analisis situasi didaktis sebelum pembelajaran yang wujudnya berupa Desain Didaktis Hipotesis dan Antisipasi Didaktis Pedagogis (ADP)

b. Analisis metapedadidaktik, yakni analisis hubungan segitiga didaktis dimana guru harus mampu memandang ADP, HD, dan HP sebagai satu kesatuan yang utuh sehingga tercipta tiga komponen yaitu kesatuan (seorang guru mampu memandang sisi segitiga didaktis yang saling berkaitan), fleksibilitas (seorang guru mampu mengantisipasi atas prediksi respon siswa yang tidak sesuai dengan prediksi), koherensi (seorang guru mampu mengelola perubahan situasi didaktis yang terjadi selama proses pembelajaran)

c. Analisis retrospektif, yaitu analisis yang mengaitkan hasil analisis situasi didaktis hipotesis dengan analisis metapedadidaktis.

Penelitian ini menggunakan tiga instrumen penelitian yaitu 1) soal uraian berupa Tes Kemampuan Responden (TKR), 2) angket kesiapan belajar siswa, dan 3) wawancara. Ketiga instrumen tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Tes Kemampuan Responden (TKR) berupa soal uraian, instrumen ini digunakan untuk mengetahui bagaimana pemahaman siswa pada materi usaha. Soal uraian digunakan sebagai sarana untuk mengetahui

hambatan epistemologis yang dialami oleh siswa, dengan diberikannya soal uraian siswa diharapkan dapat menginterpretasikan jawabannya sendiri.

b. Angket Kesiapan Belajar Siswa diberikan bertujuan untuk mengetahui hambatan ontogenik siswa, angket kesiapan belajar ini terdiri dari 18 butir pertanyaan tertutup yakni terdiri atas 9 pertanyaan positif dan 9 pertanyaan negatif yang diadopsi dari penelitian yang telah dilakukan oleh Herawati (2017) dengan judul penelitian "kesulitan Belajar Berlatar Interaksi Sosial Peserta Didik di Sekolah". Instrumen ini dilakukan dengan menggunakan skala Guttman dengan alternatif jawaban "Ya" dan "Tidak". Angket penelitian ini dilakukan dalam bentuk pertanyaan-pertanyaan yang

menggambarkan keadaan nyata yang dirasakan siswa mengenai kesulitan belajar yang dialami (Herawati, 2017 : 31). Untuk mengisi angket ini siswa diminta untuk memilih satu alternatif jawaban yang sesuai dengan karakteristik pribadinya dengan memberikan tanda (√) pada kolom yang telah disediakan

3. Hasil dan pembahasan

Penelitian ini dimplementasikan sebanyak tiga kali pada kelas yang berbeda. Dari hasil temuan hambatan epistemology berkaitan dengan konsep gelombang bunyi pada pipa organa. Hasil tersebut diuraikan sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Temuan untuk Hambatan Epistemologi

Coding	Konsep Essensial	Hambatan	Persentase Hambatan (%)			
			TKR Awal	TKR 1	TKR 2	TKR 3
1	Frekuensi	a. Tidak bisa mengurutkan dari nada terendah berdasarkan hubungan frekuensi dengan panjang kolom udara pada pipa organa terbuka.	39.29	4.55	0.00	4.76
		b. Tidak dapat menentukan tinggi rendah bunyi berdasarkan panjang pendeknya kolom udara pada pipa organa tertutup.	100.00	90.91	82.61	19.05
		c. Tidak mengetahui persamaan frekuensi pipa organa terbuka.	10.71	27.27	0.00	4.76
		d. Tidak bisa mengetahui persamaan pipa organa tertutup.	14.29	27.27	0.00	4.76
		e. Tidak mengetahui nada dasar sama dengan nada harmonik pertama.	96.43	31.82	0.00	4.76
2	Panjang gelombang	a. Tidak dapat menentukan gelombang berdasarkan hubungan panjang kolom udara dengan frekuensi.	92.86	13.64	34.78	23.81
3	Panjang Kolom Udara	a. Tidak dapat menentukan panjang kolom udara pada pipa organa terbuka berdasarkan hubungan frekuensi dengan cepat rambat bunyi.	42.86	45.45	0.00	14.29
		b. Tidak dapat menentukan panjang kolom udara pada pipa organa tertutup berdasarkan hubungan frekuensi dengan cepat rambat bunyi.	46.43	45.45	4.35	14.29
		c. Tidak dapat menentukan panjang kolom udara pada pipa organa terbuka berdasarkan gambar yang disajikan.	96.43	27.27	47.83	19.05
		d. Tidak dapat membandingkan panjang kolom udara pada pipa organa terbuka dengan panjang kolom udara pada pipa organa tertutup.	57.14	50.00	21.74	42.86
4	Cepat rambat gelombang	a. Tidak dapat menentukan cepat rambat bunyi pada pipa organa tertutup.	96.43	36.36	17.39	19.05
		b. Tidak dapat menentukan cepat rambat bunyi pada pipa organa terbuka.	100.00	36.36	8.70	4.76

Berdasarkan tabel diatas untuk konsep persentasenya mengalami kenaikan, essensial frekuensi semua hambatan nilai walaupun tidak terlalu signifikan dan satu

hambatan mengalami penurunan yang signifikan setelah diterapkan desain didaktis revisi kedua. Hambatan pada poin 1.a, 1.c, 1.d, dan 1.e, mengalami penurunan hambatan dengan besar persentase keempat hambatan tersebut adalah 4,76%. Hambatan 1.b mengalami penurunan persentase hambatan yang signifikan menjadi 19,05% setelah diterapkan desain didaktis revisi kedua.

Pada konsep esensial panjang gelombang setelah menerapkan desain didaktis revisi kedua ternyata hambatan pada konsep tersebut, persentase hambatannya sebesar 23,81%. Persentase tersebut mengalami penurunan, jika dibandingkan dengan hasil persentase pada implementasi sebelumnya.

Pada konsep Esensial panjang kolom udara, tiga dari empat hambatan sudah mengalami kenaikan persentase hambatan setelah menerapkan desain didaktis revisi kedua. Hambatan tersebut adalah 3.a, 3.b, dan 3.d. Pada hambatan 3.a mengalami kenaikan hambatan sehingga persentase hambatannya sebesar 14,29%. Pada hambatan 3.b mengalami kenaikan hambatan sehingga persentase hambatannya sebesar 14,29%, dan pada hambatan 3.d sudah mengalami penurunan hambatan sehingga persentase hambatannya sebesar 42,86%. Pada hambatan 3.c mengalami penurunan hambatan sehingga persentase hambatannya sebesar 19,05%.

Pada konsep esensial cepat rambat gelombang dua hambatannya ada yang

mengalami kenaikan dan penurunan. Pada hambatan 4.a mengalami kenaikan sehingga persentase hambatannya sebesar 19,05% dan hambatan 4.b mengalami penurunan hingga persentase hambatannya sebesar 4,76%. Jika kita lihat dari jawaban siswa sebagian besar siswa bisa merumuskan persamaan cepat rambat bunyi, walaupun siswa masih keliru menentukan persamaan cepat rambat akibat tidak mengetahui istilah nada harmonik dan beberapa siswa yang masih belum bisa menentukan persamaan cepat rambat gelombang pada pipa organa tertutup dibandingkan pipa organa terbuka, sehingga persentase keduanya berbeda.

Beberapa hambatan mengalami kenaikan ataupun mengalami penurunan Hal ini disebabkan dua faktor yaitu internal dan eksternal. Faktor internal berasal dari diri siswanya sendiri. Contohnya siswa tidak berpartisipasi dalam kegiatan pratikum, ketika kegiatan pembelajaran siswa tidak mau menanyakan hal yang belum dimengertinya, dan malah melakukan diluar pembelajaran seperti memainkan alat praktikum sembarang dan ada pula yang mengobrol dengan topik diluar dari pembelajaran. Faktor eksternal berasal dari luar dirinya seperti cara penyampaian guru, media pembelajaran, keterbacaan LKS, cara melakukan praktikum dan berbagai factor berasal dari luar dirinya yang mendukung pembelajaran.

Sebelum implementasi dilakukan, siswa diberikan angket kesiapan belajar untuk melihat hambatan ontogenik. Berikut adalah hasil temuan hambatan ontogenik

Tabel 2. Hasil Temuan Hambatan Ontogenik




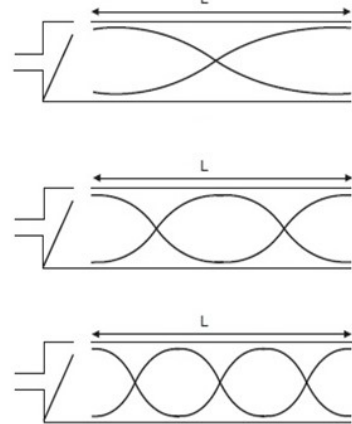
Kategori Hambatan Ontogenik	O1	O2	O3
Tinggi	36,36%	47,83%	4,76%
Rendah	63,64%	52,17%	95,24%

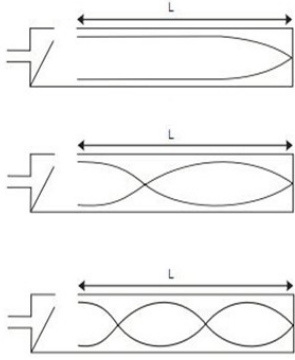
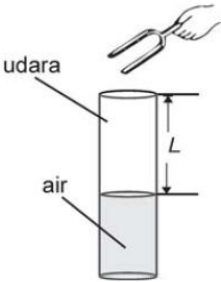
Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa hasil dari seluruh angket yang implementasikan pada kelas yang berbeda cenderung hambatan ontogenik kategori rendah memiliki persentase tinggi, terutama pada O3 hampir seluruh siswa memiliki hambatan ontogenik kategori rendah, sehingga dapat diartikan bahwa ada 20 orang siswa yang sudah siap untuk mengikuti pembelajaran. Siap mengikuti pembelajaran

contoh siswanya sudah mempelajari terlebih dahulu materi yang akan diajarkan, belajar kembali dirumah dan siap secara mental dimana siswa dapat fokus menerima pembelajaran.

Untuk meminimalisasi hambatan tersebut, peneliti membuat desain didaktis untuk membantu kegiatan pembelajaran. Berikut desain terakhir yang dilakukan pada implementasi ketiga:

Tabel 3. Desain Didaktis

Konsep Essensial	Hambatan Epistemologi	Desain Didaktis Revisi 2
Frekuensi	<ul style="list-style-type: none"> Tidak bisa mengurutkan dari nada terendah berdasarkan hubungan frekuensi dengan panjang kolom udara. Tidak dapat menentukan ada tidaknya bunyi berdasarkan panjang pendeknya kolom udara. 	<ul style="list-style-type: none"> Guru menyajikan dua buah bunyi yaitu bunyi alunan piano dan bunyi ombak. Siswa mendengarkan dua buah bunyi dan menganalisis kedua buah bunyi hingga siswa bisa mendapatkan konsep nada. Guru memberikan pengandaian jika sumber suaranya suara recorder. Guru memainkan recorder nada "do, re, mi, ..., si". Siswa mendengarkan suara tersebut dan menganalisis urutan tangga nada tersebut. Guru menampilkan gambar seperti dibawah ini:  siswa mengamati gambar tersebut dan menyebutkan <i>apa yang dilakukan oleh kedua anak pada gambar tersebut?</i>
	<ul style="list-style-type: none"> Tidak mengetahui nada dasar sama dengan nada harmonik pertama. 	<ul style="list-style-type: none"> Guru memainkan recorder pada nada "Do" dan nada "Do" dan memberikan pertanyaan: <i>Apa perbedaan dari kedua nada tersebut?</i> Siswa menganalisis nada tersebut.
<ul style="list-style-type: none"> Frekuensi Panjang gelombang 	<ul style="list-style-type: none"> Tidak dapat menentukan panjang gelombang berdasarkan hubungan panjang kolom udara dengan frekuensi. Tidak mengetahui persamaan frekuensi pipa organa terbuka. Tidak bisa mengetahui persamaan pipa organa tertutup. 	<ul style="list-style-type: none"> Guru menampilkan gambar bentuk pipa organa.  <p>(a)</p>  <p>(b)</p> Siswa mengamati gambar tersebut. Guru menampilkan tiga pipa organa terbuka yang memiliki panjang gelombang yang berbeda:  Siswa mengamati gambar pipa tersebut. Guru memberikan pertanyaan: <i>silahkan analisis gambar tersebut, Carilah banyak gelombang yang terbentuk pada pipa, hubungan panjang gelombang dengan panjang kolom udara, serta persamaan frekuensi dari setiap pipa organa yang terdapat pada gambar?.</i> Guru menampilkan tiga pipa organa tertutup yang memiliki panjang gelombang yang berbeda:

Konsep Essensial	Hambatan Epistemologi	Desain Didaktis Revisi 2
		 <ul style="list-style-type: none"> Siswa mengamati gambar pipa tersebut. Guru memberikan pertanyaan: silahkan analisis gambar tersebut, "carilah banyak gelombang yang terbentuk pada pipa, hubungan panjang gelombang dengan panjang kolom udara, serta persamaan frekuensi dari setiap pipa organa yang terdapat pada gambar?"
<ul style="list-style-type: none"> Panjang kolom udara Cepat rambat bunyi 	<ul style="list-style-type: none"> Tidak dapat menentukan panjang kolom udara pada pipa organa terbuka berdasarkan hubungan frekuensi dengan cepat rambat bunyi. Tidak dapat menentukan panjang kolom udara pada pipa organa tertutup berdasarkan hubungan frekuensi dengan cepat rambat bunyi. Tidak dapat menentukan panjang kolom udara pada pipa organa terbuka berdasarkan gambar yang disajikan. Tidak dapat membandingkan panjang kolom udara pada pipa organa terbuka dengan panjang kolom udara pada pipa organa tertutup. Tidak dapat menentukan cepat rambat bunyi pada pipa organa tertutup. Tidak dapat menentukan cepat rambat bunyi pada pipa organa terbuka. 	<ul style="list-style-type: none"> Guru menggambar gelas yang berisi air yang digetarkan oleh garpu tala, serta guru meminta mengidentifikasi gambar tersebut, dan mengajukan pertanyaan yaitu <i>tunjukkan mana yang disebut panjang kolom udara?</i>  <ul style="list-style-type: none"> Siswa mengidentifikasi gambar tersebut. Siswa melakukan praktikum sesuai dengan panduan LKS revisi. Siswa menyimpulkan terhadap data yang didapatkan. Siswa mengerjakan soal latihan pada buku paket Fisika kelas XI Martin Kanginan halaman 491 no. 18 dan no. 20.

4. Simpulan

Diperoleh hambatan ontogenik dengan rincian sbb:

1) Pada implementasi pertama diperoleh nilai hambatan ontogenik untuk kategori tinggi sebesar 36,36% dari 22 orang siswa dan hambatan ontogenik kategori rendah sebesar 63,64% dari 22 orang siswa.

2) Pada implementasi kedua, hambatan ontogenik kategori tinggi sebesar 47,83% dari 23 orang siswa dan hambatan ontogenik kategori rendah sebesar 52,17% dari 23 orang siswa.

3) Pada implementasi ketiga, hambatan ontogenik kategori tinggi sebesar 4,76% dari 21 orang siswa dan hambatan ontogenik

kategori memiliki rendah sebesar 95,24% dari 21 orang siswa.

Hambatan epistemologi yang dialami siswa pada materi gelombang bunyi pada pipa organa dengan konsep essensial yaitu:

1) Hambatan epistemologi untuk konsep frekuensi yaitu mengurutkan dari nada terendah berdasarkan hubungan frekuensi dengan panjang kolom udara, pada pipa organa terbuka, menentukan tinggi rendah bunyi berdasarkan panjang pendeknya kolom udara pada pipa organa tertutup, mengetahui persamaan frekuensi pipa organa terbuka dan tertutup, serta mengetahui nada dasar sama dengan nada harmonik pertama.

2) Hambatan epistemologi untuk konsep panjang gelombang yaitu menentukan panjang gelombang berdasarkan hubungan panjang kolom udara dengan frekuensi.

3) Hambatan epistemologi untuk konsep panjang kolom udara yaitu menentukan panjang kolom udara pada pipa organa terbuka dan tertutup berdasarkan hubungan frekuensi dengan cepat rambat bunyi, menentukan panjang kolom udara pada pipa organa terbuka berdasarkan gambar yang disajikan, dan membandingkan panjang kolom udara pada pipa organa terbuka dengan panjang kolom udara pada pipa organa tertutup.

4) Hambatan epistemologi untuk konsep cepat rambat gelombang yaitu menentukan cepat rambat bunyi pada pipa organa tertutup dan terbuka.

Desain didaktis yang dilakukan pada implementasi pertama adalah Konsep nada, frekuensi, panjang gelombang dan persamaan frekuensi pada pipa organa terbuka dan tertutup ditampilkan pada presentasi dengan gambar dan audio, Melakukan praktikum dan didampingi dengan LKS. Desain didaktis pada implementasi kedua ditambahkan konsep panjang kolom udara dengan ditampilkan gambar gelas diisi air yang digetarkan oleh garpu tala, dan latihan soal ditambahkan menjadi dua soal. Desain didaktis pada implementasi ketiga dalam praktikum didukung dengan LKS revisi.

Daftar pustaka

- Brousseau, G. 2002. *Theory of Didactical Situations in Mathematics*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Dahar, Ratna Wilis. 2011. *Teori-Teori Belajar*. Bandung: Erlangga.
- Halliday, Resnick 2009. *Fundamental of Physics 9th Edition*. New York. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Herawati. 2017. *Kesulitan Belajar Berlatar Interaksi Sosial Peserta Didik di Sekolah*. (Skripsi). Program Studi Bimbingan dan Konseling, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2003. *Undang-Undang Republik Indonesia No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional*. Jakarta.
- Plomp. 2007. *Educatuonal Design Research: An Introduction, dalam An Introduction to Educational Research Enschede*. Netherland: Nasional Institute for Curriculum Development.
- Schunk, Dale H. 2012. *Learning Theories an Educational Perspepective*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Bandung : Alfabeta.
- Suryadi, D. 2010. "Didactical Design Research (DDR) dalam Pengembangan Pembelajaran Matematika". *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika STKIP Siliwangi Bandung* (hlm. 3-12).
- Suryadi, D. 2010. *Metapedadidaktik dan Didactical Design Research (DDR): Sintesis Hasil Pemikiran Berdasarkan Lesson Study*. Bandung: FPMIPA.
- Suryadi, D & Suratno T. 2014. *Kemandirian Pendidik Kisah Pendidik Reflektif dan Profesional Pembelajaran*. Bandung: Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia.