

Merapatkan Jurang Pemahaman Konsep Tenaga antara Ahli Fizik dan Pelajar Fizik Sekolah Menengah

(Bridging the Gap of Energy Concept Understanding etween Physicists and Secondary School Physics Students)

Azlinah Ispal^{1*}, Mohd. Zaki Ishak²

¹SMK Bugaya II, WDT 69, 91309 Semporna, Sabah, Malaysia.

Email: g-86242765@moe-dl.edu.my

²Fakulti Psikologi dan Pendidikan, Universiti Malaysia Sabah, 88400 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.

Email: movolk@ums.edu.my

ABSTRAK

CORRESPONDING

AUTHOR (*):

Azlinah Ispal
(g-86242765@moe-dl.edu.my)

KATA KUNCI:

Konsep tenaga
Model Pembinaan Semula PdPC
Bahasa fizik
Laluan pembelajaran

KEYWORDS:

Energy concepts
Model of Educational
Reconstruction
Physics language
Learning pathways

CITATION:

Azlinah Ispal & Mohd. Zaki Ishak. (2022). Merapatkan Jurang Pemahaman Konsep Tenaga antara Ahli Fizik dan Pelajar Fizik Sekolah Menengah. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 7(9), e001750. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v7i9.1750>

Menurut sejarah, istilah tenaga sudah lama diguna pakai dalam perbualan harian untuk menjelaskan aktiviti yang berkaitan dengan kemampuan melakukan kerja, tetapi istilah ini tidak semestinya boleh digunakan dalam semua bidang. Kajian lepas menunjukkan terdapat pelbagai konsep pengetahuan alternatif terpacat dalam minda pelajar yang mungkin sama atau bertentangan dengan pemahaman saintifik ahli fizik. Oleh itu, penyelidikan yang berteraskan tradisi pendidikan Jerman-*Didaktik* telah dijalankan. Menurut tradisi ini guru mesti “mengelementarisasikan” isi kandungan pengetahuan fizik dan menyepadukannya dengan konsep pengetahuan alternatif pelajar untuk melaksanakan PDPC yang berkesan. Penyelidikan ini dijalankan untuk memahami bagaimana jurang pemahaman konsep tenaga antara ahli fizik dan pelajar fizik sekolah menengah boleh dirapatkan dengan menggunakan Model Pembinaan Semula PdPC (MPSP). Oleh itu, penyelidik telah meneliti 15 penerbitan utama untuk menentukan pemahaman saintifik ahli fizik tentang tenaga, menjalankan temu bual separa berstruktur melibatkan 12 orang pelajar fizik sekolah menengah untuk mencari konsep pengetahuan alternatif tenaga mereka dan menganalisis semula 23 kajian terdahulu yang berkaitan dengan isu yang sama. Kaedah analisis kualitatif kandungan dan analisis metafora digunakan untuk membantu penyelidik merungkai makna yang tersurat dan tersirat di sebalik bahasa fizik mahupun bahasa perbualan harian yang mengandungi konsep tenaga, dan bagaimana bahasa-bahasa ini saling berinteraksi. Dapatan kajian diwakili oleh laluan pembelajaran yang menghubungkan konsep fizik berorientasikan aktiviti harian dan fizik. Laluan pembelajaran ini memaparkan jurang pemahaman antara ahli fizik dan pelajar fizik sekolah menengah dan bagaimana mereka berkait antara satu sama lain.

ABSTRACT

The term "energy" has traditionally been used in daily conversation to refer to activities associated with the ability to do work, but it is not necessarily applicable in all fields. Previous research has shown that students' minds are implanted with a variety of alternative knowledge concepts that may be similar to or completely contrary to physicists' scientific understanding. This research was therefore conducted using the German-*Didaktik* educational tradition. According to this tradition, in order to implement effective teaching and learning, teachers must "elementarize" the physics content and integrate it with students' alternative understanding concepts. This study aimed to see how the Model of Educational Reconstruction (MER) might be used to close the gap in understanding between physicists and secondary school physics students in terms of energy concepts. In order to find out how physicists conceptualise energy, researchers looked at 15 major publications. They also conducted semi-structured interviews with 12 high school physics students to learn about their alternative concepts of energy. In order to better understand the explicit and implicit meanings of the physics language as well as the language of everyday conversation that contains the concept of energy, researchers use qualitative content analysis and metaphor analysis methods. Learning pathways linking physics concepts oriented to daily activities and physics illustrate the study's findings. These learning pathways show the knowledge gaps and how physicists' understanding collaborate with secondary school students' knowledge.

Sumbangan/Keaslian: Kajian yang mendokong fahaman konstruktivis ini adalah berteraskan tradisi pendidikan Jerman-*Didaktik* dan kurang dikenali di dalam dunia pendidikan di Malaysia. Sumbangan utama kajian ini ialah memberikan perspektif baharu dan kaedah alternatif kepada penyelidik/guru fizik dalam bagaimana mengurangkan miskonsepsi pelajar dan memahami bagaimana pengalaman harian itu terhubung dengan konsep saintifik.

1. Pengenalan

Dalam kehidupan seharian kita, kita sentiasa menggunakan istilah "tenaga," seperti label kuantiti tenaga yang terkandung dalam makanan; syarikat tenaga yang menawarkan bahan bakar dan tenaga elektrik yang diperlukan di rumah atau kenderaan. Selain itu, pihak kerajaan dan pertubuhan bukan kerajaan selalu menganjurkan kempen penjimatan tenaga (termasuk wang ringgit) dengan menambah baik kualiti barang di tempat kediaman seperti menggantikan peranti elektronik yang lapuk dengan yang baharu, membeli kereta yang mempunyai perbatuan gas yang lebih baik, bertukar kepada lampu rumah baharu, dan sebagainya. Agensi kerajaan menawarkan data tahunan tentang penggunaan tenaga dalam pelbagai sektor ekonomi (industri, pengangkutan, domestik dan sebagainya). Perdebatan tentang cara memenuhi keperluan tenaga masa depan juga hangat dibincangkan dalam media arus perdana. Tetapi takrifan konsep tenaga ini dinyatakan dalam istilah "tenaga harian," akibatnya, banyak ayat pengetahuan saintifik telah ditafsirkan dalam pelbagai maksud. Malangnya, keupayaan pelajar untuk

memahami pengertian konsep tenaga di sekolah, terutamanya dalam kelas fizik, terjejas akibat daripada bagaimana tenaga diperkenalkan dalam media massa. Akibatnya, hampir setiap pelajar, termasuk orang dewasa, mempunyai pemahaman yang tidak tepat tentang konsep tenaga (Bécu-Robinault & Tiberghien, 1998; Gyberg & Lee, 2010; Liu et al., 2002; Liu & McKeough, 2005; Neumann et al., 2013; Sağlam-Arslan, 2010).

Penguasaan konsep tenaga dalam pendidikan fizik tidak boleh dianggap ringan walaupun topik tenaga ini kurang diangkat sebagai topik utama dalam silibus subjek fizik sekolah menengah. Oleh kerana takrifan tenaga yang pelbagai dan pelbagai pula dalam konteks seharian, pakar pendidikan pengetahuan saintifik mendakwa bahawa pelajar dari semua peringkat umur perlu berusaha lebih untuk memahami konsep tenaga dan konsep yang berkaitan dengannya (Bécu-Robinault & Tiberghien, 1998; Liu et al., 2002; Sağlam-Arslan, 2010; Gyberg & Lee, 2010). Lama sebelum pelajar mempelajari konsep tenaga di dalam bilik darjah secara formal, mereka telah menggunakan istilah “tenaga” dalam perbualan harian dan mempunyai idea tersendiri yang mungkin atau mungkin tidak sesuai dengan sudut pandangan pengetahuan saintifik mengenai konsep tenaga (Lijnse, 1990; Trumper, 1990). Sebagai contoh, takrifan tradisional tenaga dikenal pasti sebagai “keupayaan untuk melakukan kerja.” Walau bagaimanapun, takrifan ini tidak semestinya sesuai dalam semua bidang (Chai et al., 2006). Kekeliruan takrifan ini boleh dilihat di bukan sahaja di sekolah menengah (Goldring & Osborne, 1994), malah juga di universiti (Loverude et al., 2002).

Dalam silibus sekolah, konsep tenaga menggariskan nilai dalam kehidupan, sumber semula jadi bumi, dan bidang fizik (Herrmann-Abell & DeBoer, 2011). Seperti yang dinyatakan oleh Driver dan Millar (1986), terdapat banyak perbezaan takrifan konsep tenaga dalam bidang biologi, kimia, fizik, dan aplikasi teknologi. Jelas di sini bahawa pelajar sebenarnya bergelut dengan konsep tenaga yang sebenar (Liu & McKeough, 2005; Neumann et al., 2013). Gilbert, Osborne dan Fensham (1982) mendakwa bahawa pelajar sekolah bukanlah kumpulan yang pasif, dan pemahaman intuitif mereka ini dikenali sebagai “sains kanak-kanak” (*children science*) kerana cara bagaimana mereka memahami pengalaman yang dilalui. Banyak kajian yang dijalankan sepanjang empat dekad yang lalu mendapati bahawa pelajar tidak memasuki kelas pembelajaran fizik dengan pengetahuan atau kepercayaan terdahulu tentang fenomena dan konsep yang akan diajar (Duit & Treagust, 2003). Sebaliknya pelajar sudah pun mempunyai kepercayaan dan konsep yang terpahat secara mendalam tetapi tidak semestinya serasi atau bertentangan secara diametrik, dengan sudut pandangan saintifik ahli fizik.

Kesannya, pelajar telah mencipta konsep pengetahuan alternatif tenaga yang bertentangan dengan pengetahuan saintifik yang diterima oleh saintis (Duit & Treagust, 2003; Fensham, 2001; Mikelskis-Seifert et al., 2008; Watts, 1983). Pfundt dan Duit (1994) dan Driver et al. (1994) mendapati bahawa pelajar sukar mengaplikasikan konsep tenaga yang mereka pelajari di dalam kelas untuk menerangkan fenomena alam atau konteks harian, sama seperti dapatan tentang konsep pengetahuan alternatif pelajar tentang konsep tenaga, oleh Rizaki dan Kokkotas (2013). Jika isu ini tidak ditangani dengan baik, pembinaan pemahaman konsep tenaga berpotensi menemui jalan buntu (Duit et al., 2013; Duit & Treagust, 2003; Harrison & Treagust, 2006).

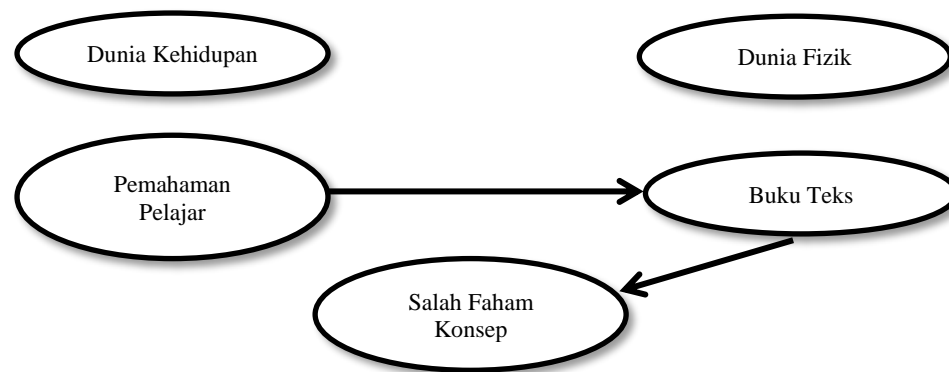
1.1. Konsep Alternatif Tenaga

Menurut kajian lepas, kanak-kanak atau pelajar yang berusia lebih muda cenderung mengembangkan pemahaman konsep mereka tentang dunia fizikal di luar persekolahan

formal tidak konsisten dengan pemahaman konsep yang ditafsirkan dalam pembelajaran fizik di sekolah (Driver & Erickson, 1983). Beberapa istilah telah digunakan untuk mewakili jenis pemahaman konsep seperti sangkaan (Ausubel, 1968), kerangka alternatif (Driver & Easley, 1978), konsep alternatif (Osborne & Gilbert, 1980), sains kanak-kanak (Osborne & Bell, 1983), dan miskonsepsi (Osborne & Bell, 1983).

Eger (1992) menyatakan bahawa masalah “salah faham sesuatu konsep” adalah bukti kelemahan pendidikan masa kini. Menurut pendekatan konstruktivis, silap tafsir sesuatu konsep sehingga terbentuknya konsep alternatif, adalah berkaitan dengan “perwakilan mental” yang tidak dapat dielakkan tetapi diperlukan sebagai titik permulaan kepada proses pembelajaran kerana pelajar tersebut telah tenggelam atau terbiasa di dalam budaya dan konteks kehidupan hariannya sendiri; sehinggalah mereka menemui dunia pengetahuan fizik melalui penjelasan buku teks, iaitu hasil kajian dan pemerhatian saintifik dan pembelajaran formal di dalam kelas fizik. Jurang antara dua dunia ini menyebabkan salah faham terhadap makna sebenar sesuatu konsep (lihat Rajah 1). Menurut Eger (1992) juga, masalah itu boleh dielakkan dengan memberi tumpuan kepada tafsiran hermeneutik, iaitu diatasi dengan keperluan pemahaman bahasa, istilah dan konsep untuk merapatkan dunia fizik dan dunia kehidupan.

Rajah 1: Skema Salah Faham Konsep



Berdasarkan penyelidikan yang dijalankan pada tahun 1980-an dan awal 1990-an, kepercayaan pelajar tentang konsep tenaga sebelum dan selepas PdPC, kebanyakannya mencerminkan aplikasi konsep tenaga di dalam domain dunia kehidupan mereka (Duit & Häußler, 1994). Sesetengah konsep alternatif yang kerap dipegang mungkin lebih sukar daripada yang lain apabila pelajar mengembangkan pemikiran mereka, kerana pelajar percaya bahawa tenaga hanya berkaitan dengan organisma hidup, dan mereka pula sukar memahami tenaga dalam organisma bukan hidup. Sebagai contoh, lazimnya pelajar sering membayangkan tenaga sebagai cecair secara fizikal yang boleh bergerak dari suatu lokasi ke lokasi lain atau antara suatu sistem kepada sistem yang lain. Hal ini menimbulkan kesukaran yang berkaitan penaakulan pelajar, iaitu tentang cara bagaimana tenaga berinteraksi dalam sesuatu fenomena (Nordine et al., 2010).

Pelajar membina sesuatu konsep baharu berdasarkan pengetahuan awal mereka, dan mereka mesti boleh mengaitkan pengetahuan awal tersebut dengan topik yang diajar (Smith et al., 1993). Membantu pelajar menghubungkan pengetahuan awal dengan sesuatu konsep baharu yang diajar melalui pengalaman yang disengajakan bukan bertujuan memadamkan atau menggantikannya semata-mata dengan pengetahuan yang baharu. Sebaliknya kaedah ini untuk membantu pelajar “membina semula” pemahaman

mereka berdasarkan kedua-dua jenis pemahaman iaitu alternatif dan yang bakal dipelajari. Guru fizik perlu mengetahui cara bagaimana pengetahuan awal pelajar dihubungkan dengan konsep pengetahuan saintifik kerana kemahiran ini berupaya membantu pelajar mencari had pengetahuan awal mereka. Menurut [Watts \(1983\)](#) dan disokong oleh [Dawson-Tunik dan Stein \(2004\)](#), kebanyakan konsep pengetahuan alternatif tenaga pelajar boleh dikelaskan kepada tujuh jenis utama, seperti ditunjukkan dalam [Jadual 1](#).

Jadual 1: Beberapa Konsep Alternatif Tenaga

Model Konsep Alternatif	Penerangan
Model berpusatkan manusia	Tenaga berkaitan dengan manusia sahaja.
Model depository	Sesetengah objek “mempunyai” tenaga atau “memerlukan” nya.
Model bahan	Tenaga tidak aktif dalam beberapa objek atau bahan, dan boleh dikeluarkan oleh beberapa pencetus.
Model aktiviti	Tenaga dikenal pasti melalui paparan terbuka, dan paparan itu sendiri sebenarnya dipanggil tenaga.
Model produk	Tenaga adalah hasil sampingan daripada beberapa keadaan dan jangka hayatnya agak singkat.
Model fungsi	Tenaga ialah sejenis bahan api yang sangat umum, terhad kepada peranti teknikal dan tidak penting untuk semua proses.
Model aliran perpindahan	Tenaga ialah sejenis cecair fizikal yang dipindahkan dalam proses tertentu.

Konsep alternatif tenaga ini menjadi lebih ekstrem menurut dapatan penyelidikan [Svedholm dan Lindeman \(2012\)](#), iaitu tenaga juga dianggap sebagai fenomena biologi terutama kepercayaan mereka mengenai paranormal, magik, dan tahyul, dan terjadi dalam kalangan orang dewasa. Individu yang percaya pada telepati, persepsi ekstrasensori, atau astrologi telah menunjukkan gambaran tenaga dan kekuatan tenaga dengan ciri-ciri seperti kehidupan, kerohanian, dan penyembuhan ([Lindeman & Saher, 2007](#); [Svedholm et al., 2010](#)). Konsep pengetahuan alternatif tenaga seperti ini hanya akan menambah kekeliruan pelajar terhadap konsep tenaga yang diterima oleh komuniti saintifik ahli fizik.

1.2. Pernyataan Masalah

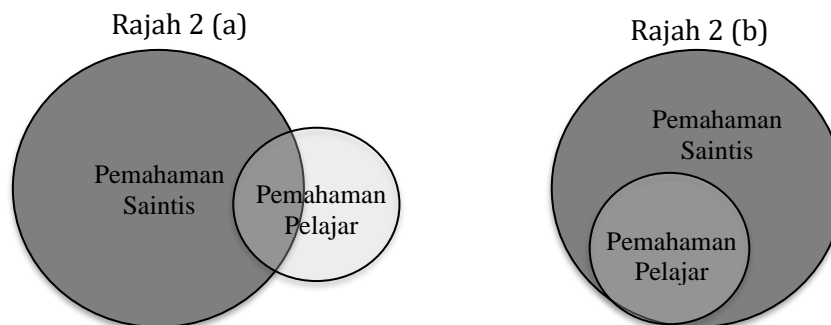
Istilah “tenaga” digunakan secara berbeza dalam pelbagai cabang sains. Sebagai contoh, seorang ahli fizik zarah meletakkan nilai yang tinggi pada andaian bahawa tenaga terabadi semasa interaksi antara zarah subatom, manakala ahli ekologi lebih mementingkan jumlah tenaga merentasi sempadan suatu sistem. Sebaliknya, ahli biologi pula untuk mentakrif tenaga sebagai hubungan antara spesies dalam ekosistem ([Chabalengula et al., 2012](#)) untuk kesesuaian atmosfera yang mengelilingi makhluk hidup; seorang ahli kimia mengaplikasikan konsep keabadian tenaga untuk mentafsir tindak balas kimia; ahli geologi pula mengadaptasi konsep keabadian tenaga untuk membangunkan model yang menerangkan tektonik plat; dan ahli kosmologi

mentakrifkan konsep keabadian tenaga untuk menyimpulkan bentuk dan struktur alam semesta.

Justeru, apabila konsep tenaga dijadikan topik PdPC untuk mendidik pelajar tentang tenaga, guru fizik menghadapi tugas yang sukar. Maksudnya, guru fizik hari ini diharap dapat mengajar bukan sahaja tentang konsep tenaga sebagai konsep satu disiplin, tetapi juga mengajarkan konsep tenaga sebagai kerangka analisis yang merentasi disiplin. Walaupun saintis jarang membuat perkaitan silang seperti ini dalam kerja harian mereka, sebaliknya guru fizik diminta supaya mengajar pelajar dengan menjadikan perkaitan dan persilangan konsep tenaga ini jelas. Oleh itu, bebanan guru fizik yang terpikul adalah cara bagaimana mempersembahkan konsep tenaga di dalam bilik darjah yang dapat merapatkan jurang pemahaman antara ahli fizik dan pelajar fizik di sekolah menengah.

Eisenkraft et al. (2014) memberikan gambaran tentang sejauh mana perbezaan pemahaman saintis dan pelajar mengenai konsep tenaga seperti ditunjukkan dalam [Rajah 2 \(a\)](#) yang diwakili oleh gambar rajah Venn. Dalam [Rajah 2 \(a\)](#), pemahaman saintis menunjukkan sedikit pertindihan dengan pemahaman pelajar. Hal ini adalah kerana saintis mempunyai pengetahuan tambahan yang tidak dikongsi kepada umum termasuk pelajar, seperti yang dilihat dalam rajah tersebut. Sebaliknya, dalam [Rajah 2 \(b\)](#) pula mewakili apa yang diharapkan oleh komuniti terhadap guru yang mengajar pelajar konsep tenaga di dalam bilik darjah, iaitu seolah-olah pelajar benar-benar berada di dalam domain saintis.

Rajah 2: Pemahaman Saintis dan Pemahaman Pelajar Terhadap Konsep Tenaga



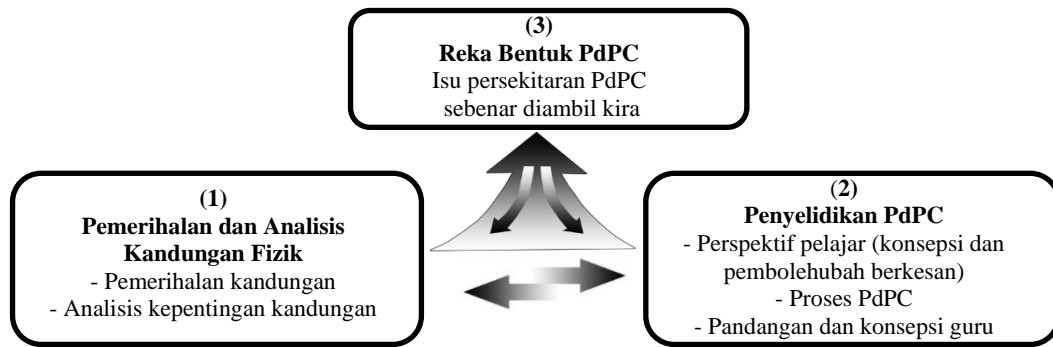
2. Kaedah Penyelidikan

Penyelidikan ini dijalankan di salah sebuah sekolah menengah di negeri Sabah, Malaysia. Kajian kualitatif ini berdasarkan fenomenologi hermeneutikal, yang dipelopori oleh Martin Heidegger (1889-1976). Data kajian dikumpulkan daripada pemerihaln 15 sumber saintifik, temu bual separa berstruktur melibatkan 12 orang pelajar fizik sekolah menengah (16 tahun), analisis semula dapatan 23 kajian lepas tentang konsep alternatif pelajar terhadap konsep tenaga (untuk melihat perbandingan dengan kajian empirikal yang dijalankan), dan data daripada eksperimen PdPC (intervensi).

Penyelidikan ini mengaplikasikan Model Pembinaan Semula PdPC (MPSP) atau dalam penerbitan antarabangsa lebih dikenali sebagai Model of Educational Reconstruction (MER) (Kattmann et al., 1996; Duit et al., 2012) yang dibentuk berorientasikan tradisi empirikal Jerman-Didaktik. Model ini penting dalam penyiasatan empirikal PdPC fizik kerana penyelidikan mengutamakan pemerihaln isi kandungan pengetahuan fizik dan menghubungkannya dengan isu-isu PdPC di dalam bilik darjah sebenar supaya

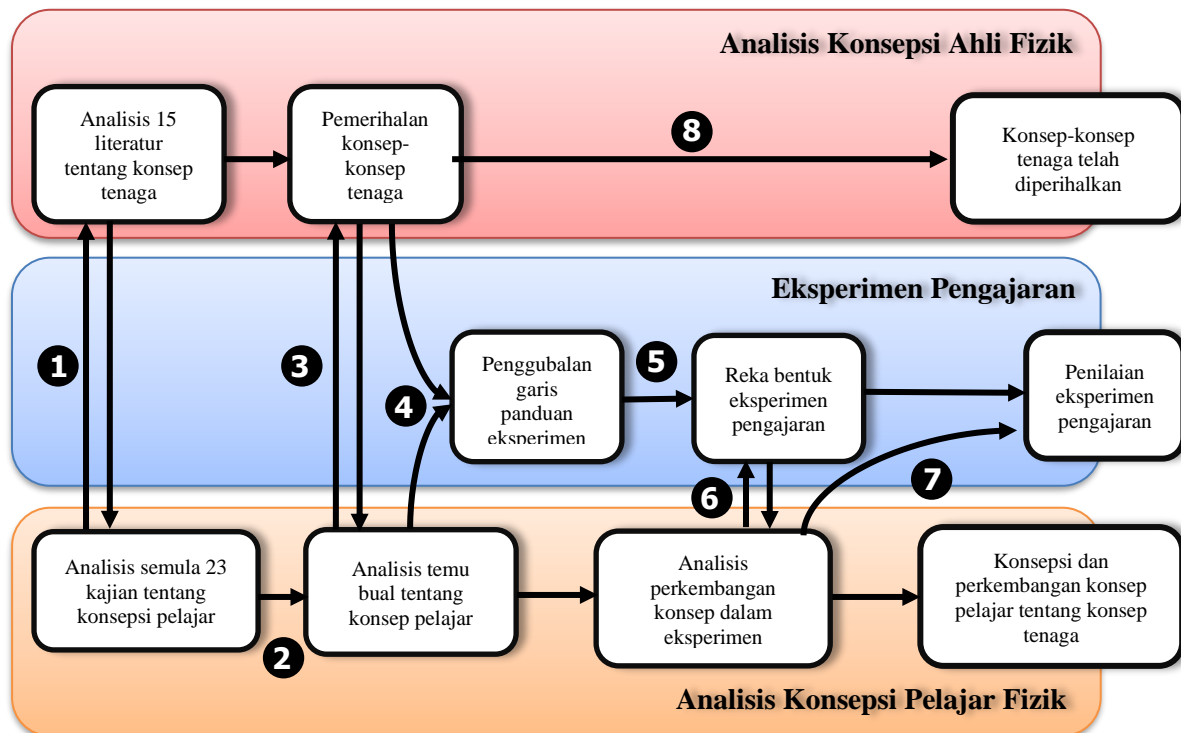
kandungan fizik menjadi lebih mudah difahami pelajar (Kattmann et al., 1996; Duit et al., 2012). MPSP terdiri daripada tiga komponen utama seperti ditunjukkan dalam Rajah 3.

Rajah 3: Model Pembinaan Semula PdPC



Khusus untuk penyelidikan ini, kami telah mengubahsuai MPSP supaya bersesuaian dengan matlamat penyelidikan iaitu cara bagaimana merapatkan jurang pemahaman konsep tenaga antara ahli fizik dan pelajar fizik sekolah menengah. Rajah 4 pula menunjukkan proses penyelidikan sebenar MPSP konsep tenaga yang terdiri daripada lapan (8) peringkat.

Rajah 4: Proses Penyelidikan Sebenar MPSP Konsep Tenaga



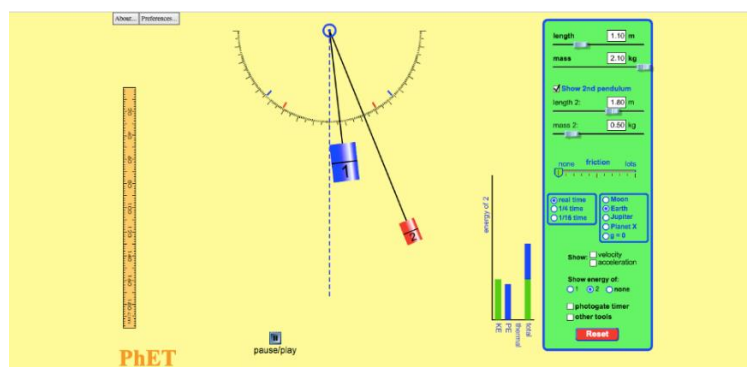
Intervensi yang dilaksanakan dalam penyelidikan ini dikenali sebagai “eksperimen PdPC” (*teaching experiment*). Eksperimen PdPC bukanlah suatu uji kaji untuk menentukan hubungan antara pemboleh ubah yang biasanya dijalankan di makmal, sebaliknya merupakan suatu bentuk temu bual moden, yang diperkenalkan oleh ahli Matematik, Leslie P. Steffe dan Patrick W. Thompson sekitar tahun 1980-an untuk merungkai sejauh mana pemahaman pelajar boleh berubah melalui kaedah PdPC yang didedahkan (Steffe &

D'Ambrosio, 1996; Steffe & Thompson, 2000). Eksperimen PdPC ini terdiri daripada tiga bahagian iaitu pemodelan, episod PdPC, dan temu bual kumpulan. Kaedah empirikal ini menggabungkan aspek intervensi (pembelajaran) dengan aspek penyiasatan (temu bual) secara serentak. Perkembangan pemahaman pelajar dapat diwakilkan menggunakan ilustrasi “laluhan pembelajaran” (*learning pathway*) (Méheut & Psillos, 2004; Steffe & Thompson, 2000). Kelebihan reka bentuk temu bual ini adalah membolehkan kami memainkan peranan sebagai penyelidik yang membuat siasatan ke atas perkembangan pemahaman pelajar, dan menjadi guru yang memainkan peranan merancang dan melaksanakan sesi PdPC.

Kami telah mereka bentuk episod-episod PdPC di dalam eksperimen PdPC ini yang fokus kepada konsep tenaga dalam bidang fizik sahaja. Terdapat lima kumpulan kecil yang terdiri daripada dua hingga tiga orang pelajar telah dibentuk dan setiap kumpulan melaksanakan eksperimen PdPC selama 60–90 minit. Konsep tenaga yang didedahkan kepada pelajar telah dielementarisasikan¹ dengan mengambil kira evolusi sejarah dan sifat semula jadi konsep tenaga. Kami juga memasukkan elemen tempatan untuk memastikan kandungan di dalam eksperimen PdPC tersebut memiliki kemampuan dari segi kebolehfahaman, kebolehpercayaan dan bermanfaat kepada pelajar (Carey, 1999; Chi, 2009; Posner et al., 1982; Strike & Posner, 1992).

Simulasi Interaktif PhET (Milner-Bolotin et al., 2021; Perkins et al., 2006; Wieman et al., 2010) telah dijadikan platform kepada episod-episod PdPC yang dijalankan, contohnya di dalam Rajah 5. Simulasi interaktif PhET ini dibina berdasarkan penyelidikan pendidikan dan menyediakan persekitaran yang intuitif membolehkan pelajar belajar melalui penerokaan dan penemuan. Simulasi Interaktif PhET ini boleh dicapai di <http://phet.colorado.edu>. Semua data daripada eksperimen PdPC direkodkan menggunakan video dan dianalisis menggunakan kaedah analisis kandungan kualitatif (QCA) (Gropengießer, 2007 dipetik dalam Grusche, 2017) dan analisis metafora (MA) (Schmitt, 2005). Kedua-dua QCA dan MA digunakan untuk melakukan analisis yang lebih mendalam tentang pemahaman konsep ahli fizik dan pelajar fizik dari segi cara bagaimana mereka membina makna tersurat dan tersirat terhadap konsep tenaga.

Rajah 5: Bandul



3. Dapatan Kajian

3.1. Konsep Tenaga Difahami oleh Ahli Fizik

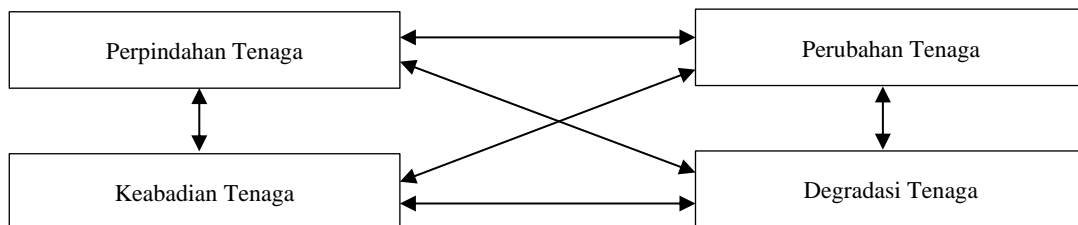
¹ Elementarisasi dipetik daripada perkataan Jerman (*elementarisierung*) bermaksud menganalisis suatu isi kandungan topik yang bakal diajar kepada pelajar dengan mengambil kira sejarahnya, sifat semula jadinya, pemahaman pakar dan konsep pengetahuan alternatif pelajar terhadap topik tersebut sebelum dijadikan kandungan PdPC.

Daripada struktur isi kandungan pengetahuan fizik tentang konsep tenaga yang diperolehi daripada 15 sumber rujukan buku-buku fizik dan penerbitan utama yang telah dielementarisasi, sifat semula jadi tenaga dan bentuk tenaga diringkaskan seperti berikut:

- i. Semua tenaga pada asasnya adalah sama, dan ia boleh dimanifestasikan dalam “bentuk” atau “jenis” yang berbeza.
- ii. Tenaga boleh diubah/ditukar daripada satu bentuk atau jenis kepada yang lain.
- iii. Tenaga boleh dipindahkan antara sistem dan objek.
- iv. Tenaga terabadi, tidak pernah dicipta atau dimusnahkan, hanya diubah/ditukar atau dipindahkan.
- v. Tenaga dilesapkan dalam semua proses makroskopik (melibatkan lebih daripada beberapa zarah).

Rajah 6 menunjukkan idea asas konsep tenaga yang dicadangkan oleh beberapa orang sarjana seperti Liu dan McKeough (2005), Feynman et al. (2011), Krummel et al. (2007), Lee dan Liu (2010), Neumann et al. (2013), Nordine et al. (2010) dan ramai lagi. Penjelasan tentang konsep asas ini boleh didapati dalam Jadual 2.

Rajah 6: Idea Asas Konsep Tenaga



Jadual 2: Penjelasan Idea Asas Konsep Tenaga

Idea asas konsep tenaga	Penjelasan
Transformasi Tenaga	Tenaga boleh ditukar kepada yang lain.
Pemindahan Tenaga	Tenaga boleh dipindahkan dari satu objek atau sistem ke yang lain dengan cara yang berbeza: secara pengaliran, mekanikal, elektrik, atau sinaran elektromagnet.
Degradasi Tenaga	Perubahan tenaga dalam beberapa bentuk di mana ia kurang tersedia untuk melakukan kerja.
Keabadian Tenaga	Tidak kira apa yang berlaku dalam sistem, jumlah tenaga dalam sistem tetap sama melainkan tenaga ditambah atau dilepaskan daripada sistem.

Sumber: Herrmann-Abell dan DeBoer (2011).

3.2. Konsep Alternatif Pelajar

Konsep pengetahuan alternatif merujuk kepada pemahaman pelajar yang mereka bina sendiri di dalam minda terhadap sesuatu konsep yang dipengaruhi oleh pengalaman, pemerhatian dan pengaruh dunia sekeliling. Tidak semua konsep pengetahuan alternatif pelajar bertentangan dengan konsep pengetahuan saintifik. Oleh itu, konsep pengetahuan alternatif juga dianggap sebagai pengetahuan awal atau pra-pengetahuan pelajar sebelum

mereka menghadiri kelas formal di sekolah mesti dikenal pasti terlebih dahulu. Di dalam artikel ini, konsep pengetahuan alternatif pelajar yang dibincangkan hanya melibatkan empat konsep tenaga sahaja, seperti yang disenaraikan di bawah:

(a) Tenaga Keupayaan / Tenaga Keupayaan Gravitasi, U_g

- i. Tenaga keupayaan menggunakan formula mgh di mana m ialah jisim, g ialah pecutan graviti dan h ialah ketinggian objek dari tanah.
- ii. Jumlah tenaga keupayaan meningkat apabila objek diletakkan pada kedudukan tinggi.
- iii. Tenaga keupayaan juga dianggap sebagai tenaga disimpan dalam objek rehat.
- iv. Apabila manusia sedang tidur atau berehat, dia juga mempunyai tenaga keupayaan.
- v. Tenaga keupayaan graviti ialah tenaga untuk melawan tarikan graviti.
- vi. Keupayaan untuk melakukan kerja atau aktiviti seperti mengangkat, menolak, menggerakkan atau menolak objek.
- vii. Tenaga keupayaan diperlukan untuk lari daripada sesuatu yang berbahaya, diperlukan untuk bercakap dan proses berfikir.

(b) Tenaga Kinetik, K

- i. Tenaga kinetik hanya berkaitan dengan pergerakan.
- ii. Jumlah tenaga kinetik adalah bergantung kepada kelajuan pergerakan objek, semakin laju pergerakan semakin banyak/besar tenaga kinetik.
- iii. Pelajar percaya bahawa fenomena getaran dan pelanggaran zarah melibatkan tenaga kinetik
- iv. Buku pegun di atas meja mempunyai tenaga kinetik yang disebabkan oleh putaran bumi. Oleh itu, buku itu dianggap bergerak berserta dengan bumi tetapi kita tidak dapat melihat pergerakan itu kerana kita bergerak dengan kelajuan dan arah yang sama pada masa yang sama.
- v. Tenaga kinetik ialah titik permulaan bagi semua tenaga yang wujud di dunia.
- vi. Kewujudan tenaga hanya boleh dikenal pasti apabila terdapat pergerakan.
- vii. Tenaga kinetik sebagai keupayaan untuk melakukan kerja.

(c) Tenaga Terma, Q ("Tenaga Haba")

- i. Salah satu bentuk tenaga
- ii. Haba ialah tenaga yang boleh dipindahkan dalam bentuk gelombang.
- iii. Tenaga haba dan tenaga elektrik tidak mengalir dalam seterika apabila suis dimatikan.
- iv. Tenaga kimia daripada makanan ditukarkan kepada pergerakan supaya boleh menghasilkan tenaga haba.
- v. Tenaga cahaya menghasilkan tenaga haba.
- vi. Apabila kipas ini bergerak, ia menghasilkan angin dan menghasilkan tenaga haba.
- vii. Haba sebagai tenaga terakhir dalam suatu sistem.
- viii. Tenaga cahaya dan tenaga haba hilang kepada persekitaran apabila lampu suluh dimatikan atau tenaga cahaya dan tenaga haba akan bertukar kembali kepada tenaga elektrik atau tenaga kimia di dalam bateri.

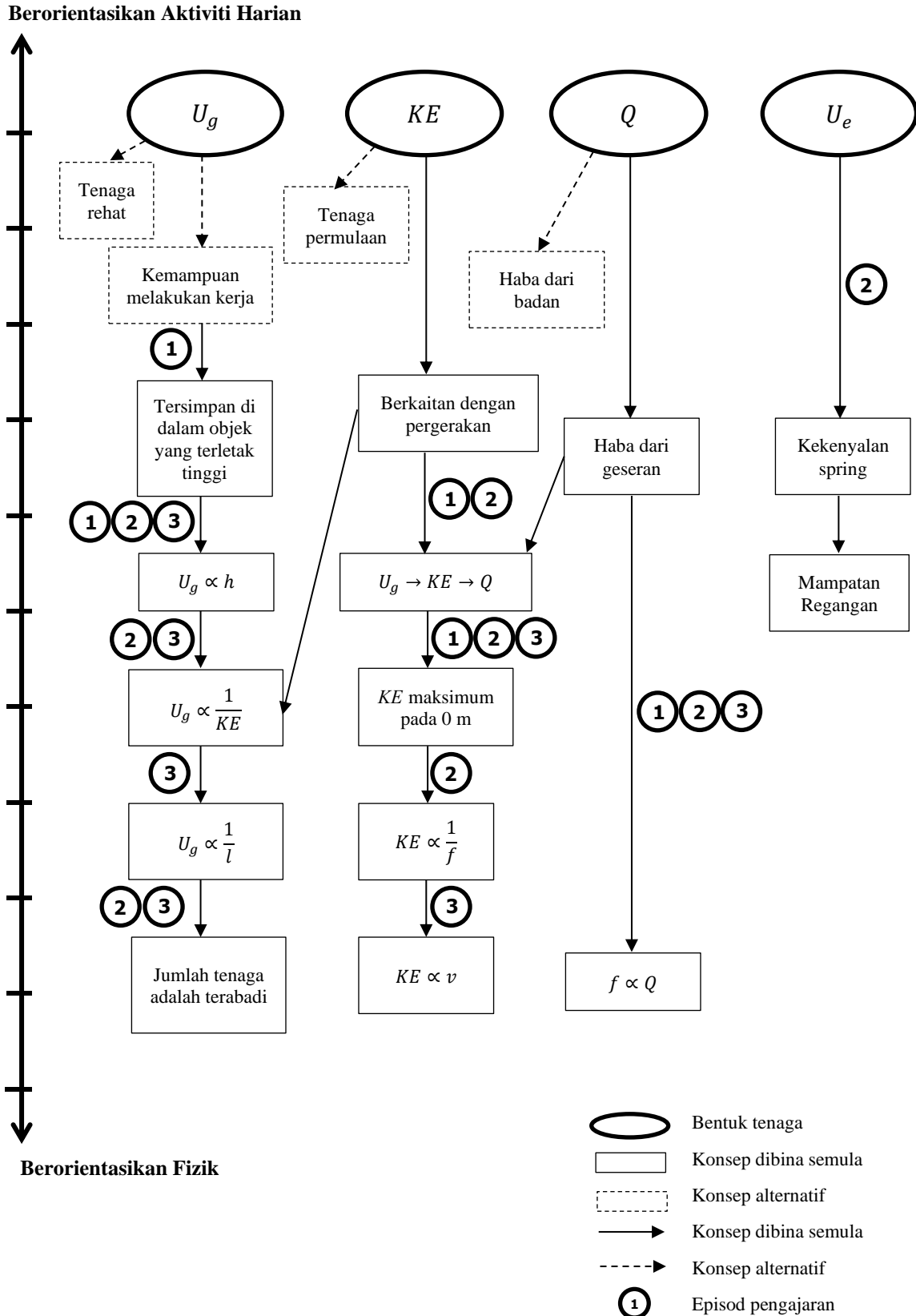
(d) Tenaga Keupayaan Kenyal, U_e

- i. Tenaga keupayaan boleh didapati dalam objek kenyal seperti gelang getah dan spring.

3.3. Laluan Pembelajaran Pelajar

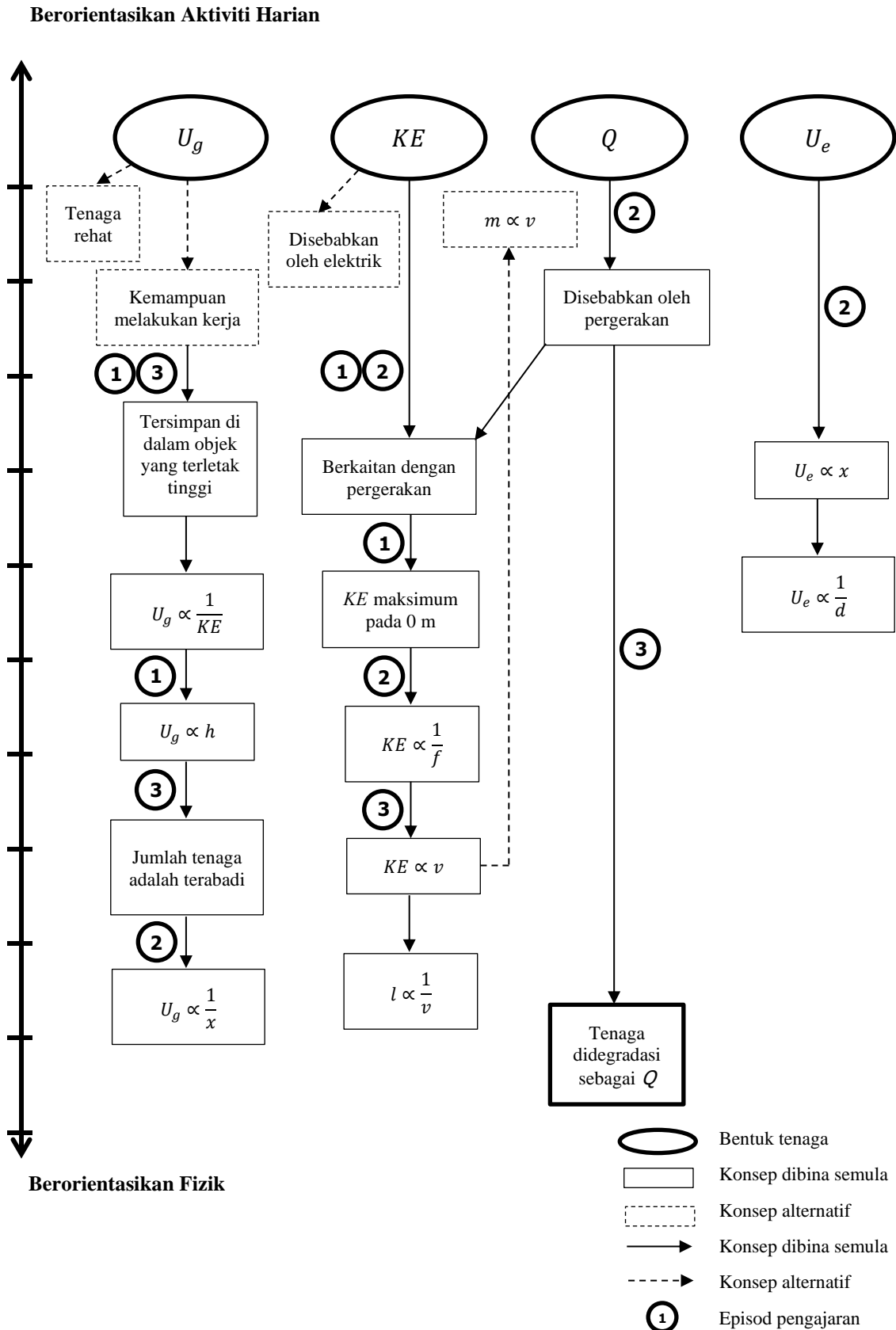
Rajah 7 dan Rajah 8 menggambarkan laluan pembelajaran pelajar dari dua kumpulan yang berlaku semasa eksperimen PdPC.

Rajah 7: Laluan Pembelajaran Eksperimen Pengajaran 1 (TE1)



Rajah-rajah ini menunjukkan konsep yang difahami pelajar sebelum, semasa, dan selepas melalui episod-episod PdPC di dalam intervensi.

Rajah 8: Laluan Pembelajaran Eksperimen Pengajaran 2 (TE2)



Setiap kumpulan menunjukkan perkembangan pemahaman yang unik. Pembinaan pemahaman terhadap konsep tenaga semakin jelas kelihatan apabila pelajar di dalam kumpulan dapat mengaplikasikan pemahaman baharu mereka dalam setiap episod PdPC yang mereka lalui. Konsep pengetahuan alternatif pelajar adalah asas kepada pembinaan semula konsep secara berperingkat, iaitu pemahaman bercambah dari satu konsep ke konsep yang lain seperti yang dapat dilihat pada setiap laluan. Episod pengajaran yang memupuk pembinaan semula konsep diwakili oleh anak panah. Kami melihat terdapat tiga pilihan bagaimana pemahaman pelajar boleh dibina semula: (1) episod PdPC memupuk perkembangan konsep ke arah pemahaman saintifik; (2) episod PdPC tidak memupuk perkembangan konseptual ke arah pemahaman saintifik; dan (3) berdasarkan episod PdPC, pelajar mengembangkan pemahaman yang bercanggah.

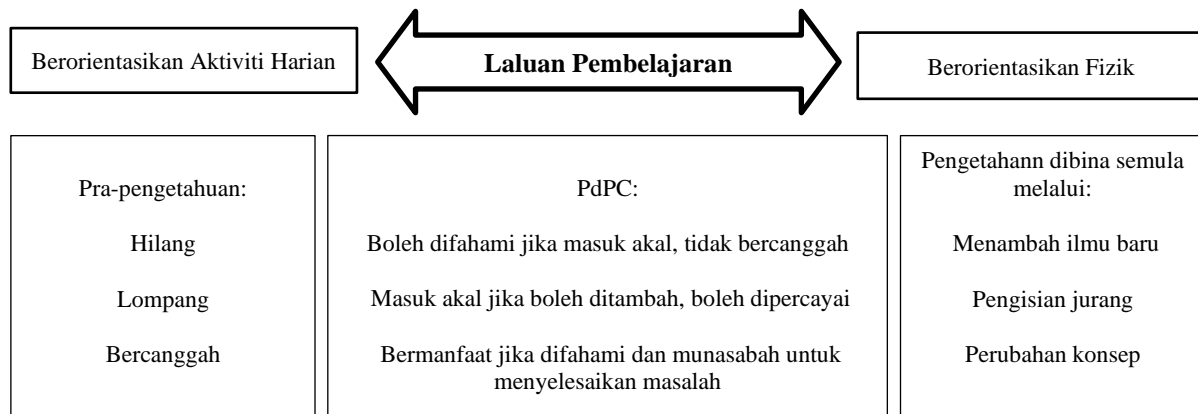
4. Perbincangan

4.1. Merapatkan Jurang Pemahaman Melalui Pembinaan Semula Konsep

Menurut perspektif pembelajaran konstruktivisme, pengetahuan awal adalah penting dan dijadikan sebagai titik permulaan kepada sebuah PdPC di sekolah. Menurut [Chi \(2009\)](#), pembelajaran dalam kelas fizik boleh berlaku dalam sekurang-kurangnya tiga situasi pengetahuan awal yang berbeza. Situasi pertama, pelajar mungkin tiada pengetahuan awal tentang topik yang akan dipelajari, walaupun mereka mempunyai beberapa kemahiran yang berkaitan. Pemahaman terdahulu dianggap “hilang” dan PdPC dalam konteks ini dianggap sebagai proses “memperoleh maklumat baharu.” Kedua, walaupun pelajar mungkin mempunyai beberapa pemahaman terdahulu tentang topik yang bakal dipelajari, tetapi pengetahuan mereka “lompong,” maka proses PdPC dalam konteks ini pula dianggap sebagai “pengisian jurang.” Pemerolehan pengetahuan diperkaya dalam kedua-dua situasi pengetahuan yang “hilang” dan “lompong” ([Carey, 1999](#)). Dalam situasi ketiga pula, pelajar mungkin telah membangunkan konsep melalui pengalaman harian yang bercanggah dengan prinsip yang perlu dipelajari ([Vosniadou, 2009](#)). Biasanya, pemahaman awal yang dianggap bercanggah dengan pengetahuan komuniti saintis ini selalunya disifatkan sebagai tidak tepat atau salah, tetapi tidak semua. Oleh itu, proses PdPC dalam keadaan ketiga ini melibatkan proses perubahan konsep dengan cara “pembinaan semula” pengetahuan awal yang kurang tepat kepada pengetahuan yang lebih tepat, iaitu yang dipersetujui oleh komuniti saintis. Frasa pembinaan semula pengetahuan awal pelajar ini telah distrukturkan dengan baik dalam Model Pembinaan Semula PdPC (MPSP) oleh [Kattmann et al. \(1996\)](#), iaitu model yang digunakan dalam penyelidikan ini.

MPSP yang berepistemologikan paradigma konstruktivis ([Duit & Treagust, 1998, 2003](#)) ini memegang kepercayaan bahawa pelajar membina pengetahuan mereka sendiri berdasarkan pengetahuan sedia ada ([Driver & Easley, 1978](#)), manakala pengetahuan terhadap sesuatu isi kandungan dianggap sebagai ciptaan manusia ([Abd-El-Khalick & Lederman, 1998](#)). Oleh itu, semasa merancang sesuatu PdPC, isu-isu berkaitan subjek dan pelajar yang diajar mestilah dipertimbangkan sama rata untuk menghasilkan kaedah PdPC yang berkesan. Dalam penyelidikan ini, rangka hubungan pemahaman konsep tenaga antara ahli fizik dan pelajar fizik sekolah menengah diwakili oleh [Rajah 9](#). Daripada [Rajah 9](#), laluan pembelajaran bertindak sebagai jambatan yang menemukan antara pemahaman konsep tenaga yang berorientasikan aktiviti harian yang dipegang oleh pelajar dengan konsep tenaga berorientasikan fizik, iaitu pemahaman yang difahami oleh ahli fizik. Dengan mengenal pasti kategori pengetahuan awal yang dimiliki pelajar, PdPC terancang dalam eksperimen PdPC ditetapkan untuk mencapai objektif PdPC.

Rajah 9: Merapatkan Jurang Pemahaman



Antara perkara yang menarik yang disebutkan oleh [Vygotsky \(1978\)](#) ialah beliau membincangkan kepentingan bahasa sebagai medium yang mempengaruhi cara bagaimana manusia terlibat dalam pembinaan pengetahuan. Ini terpakai kepada cara orang berkomunikasi antara satu sama lain serta cara mereka berkomunikasi dengan diri mereka sendiri. Bahasa mempengaruhi pemahaman melalui pengaruhnya terhadap cara individu bercakap dan berfikir. [Lemke \(1990\)](#) telah memerhatikan cara bagaimana bahasa mempengaruhi cara pelajar berinteraksi dalam kelas fizik atau lebih tepat lagi, bagaimana bahasa yang dituturkan sangat mempengaruhi cara pelajar berfikir mengenai konsep fizik itu sendiri. “Bahasa fizik” merujuk kepada apa yang dilakukan oleh ahli fizik serta apa yang mereka katakan mengenainya. Fizik ialah teknik perbualan tentang dunia fizik yang membolehkan pendengar bertindak dengan lebih berkesan di dalam konteksnya. Oleh itu, tidak menguasai bahasa fizik akan menjejaskan pemahaman terhadap konsep fizik. Pemerhatian kesan bahasa terhadap pembinaan semula pemahaman telah menarik minat sarjana seperti yang dinyatakan [Fensham \(2004\)](#), “kerana fizik telah membangunkan satu set perkataan konseptual yang khusus dan dialektanya sendiri untuk komunikasi dalaman, maka tidak hairanlah, lambat laun, sarjana yang mempunyai minat umum dalam linguistik akan mengalihkan perhatian mereka kepada wacana fizik dan kelas fizik.” Beliau adalah antara tokoh pendidik fizik pertama yang menyedari kesan bahasa fizik terhadap pemahaman konsep fizik dan mencadangkan keperluan memasukkan isu ini ke dalam kurikulum fizik ([Lemke, 1990](#)).

Berfikir tentang bahasa dalam konteks ini digunakan dalam PdPC fizik untuk membantu pelajar memperoleh frasa fizik yang sukar, iaitu istilah yang mereka tidak gunakan dalam kehidupan seharian mereka. Terminologi yang tidak dikenali seperti pelakuran, lepton dan meson boleh menjadi sukar untuk difahami pelajar, tetapi situasi ini berbeza apabila pelajar belajar tentang konsep tenaga. Pelajar akan menghadapi isu yang berbeza, iaitu seorang guru mesti membantu pelajar mengenali konsep tenaga dalam pelbagai konteks berbeza kerana istilah tenaga itu sendiri adalah pelbagai, abstrak dan penggunaannya berbeza dalam konteks kehidupan harian ([Millar, 2014](#)). Konsep biasa didengar seperti daya, kerja dan keabadian mengambil konotasi khusus dalam PdPC konsep tenaga yang sering bertentangan dengan cara bagaimana mereka digunakan dalam bahasa seharian. Tambahan pula, beberapa istilah tenaga yang digunakan secara meluas oleh saintis, seperti “berubah” atau “berpindah”, boleh menyebabkan pelajar percaya bahawa tenaga itu mempunyai sifat fizikal atau memberikan sifat manusia kepada konsep tenaga itu sendiri.

Melalui analisis metafora (Schmitt, 2005) yang dijalankan, jelas didapati pelajar yang menggunakan istilah tertentu membawa makna tertentu yang tidak selari dengan makna yang difahami oleh ahli fizik, tetapi istilah tersebut sebenarnya membantu mereka membina semula pemahaman awal kepada pemahaman yang lebih saintifik. Istilah tersebut adalah seperti:

4.1.1. Tenaga tersimpan

Dalam penyelidikan ini, beberapa pelajar menyedari bahawa cecair kimia di dalam pemetik api mempunyai tenaga keupayaan untuk terbakar. Walaupun tafsiran ini tidak betul tetapi idea ini tidak boleh diabaikan kerana tenaga keupayaan biasanya dirujuk sebagai tenaga tersimpan. Istilah “stor” menggambarkan bahawa tenaga ialah bahan yang dimasukkan ke dalam atom dan disimpan di sana sehingga dibebaskan. Ahli kimia menyatakan molekul seperti metana adalah tenaga yang disimpan. Ini bermakna jika kita membakarnya, atom akan pecah dan membentuk ikatan dengan tenaga keupayaan yang lebih rendah. Dengan memahami idea ini, beberapa pelajar memperolehi pemahaman bagaimana tenaga kimia dalam sel kering boleh digunakan untuk menggerakkan kereta api mainan atau kipas mainan.

4.1.2. Aliran Tenaga

Saintis menggunakan perkataan “aliran tenaga” untuk menggambarkan tenaga yang dipindahkan antara sistem kerana serupa dengan aliran bendalir atau gas. Kita semua tahu bahawa cecair mengalir dari satu tempat ke tempat lain, dan cecair akan merebak dan mengisi bekasnya sehingga penuh. Pelajar dalam penyelidikan ini melihat tenaga dipindahkan sama seperti aliran cecair. Menggunakan istilah “aliran” untuk mewakili tenaga yang dipindahkan adalah tidak sempurna, tetapi dapat membantu pelajar menyokong pemahaman mereka bahawa tenaga yang hilang dari satu tempat mesti muncul di suatu tempat yang lain. Oleh itu, tenaga adalah terabadi.

Jelas sekali, MPSP yang berasaskan pendekatan Jerman-*Didaktik* ini mampu merapatkan jurang pemahaman pelajar fizik dan ahli fizik dengan menekankan aspek hubungan antara guru dan pelajar (siapa), subjek (apa), dan kaedah PdPC (cara bagaimana) (Klette, 2007). MPSP ini bersifat tidak berat sebelah, tidak kira sama ada fokus PdPC berpusatkan pelajar atau isi kandungan pengetahuan sahaja. Dalam MPSP, interaksi ketiga-tiga elemen ini dianggap sangat harmoni dan khusus dalam penyelidikan ini, konsep tenaga tidak dilihat sebagai satu entiti yang berasingan dalam perhubungan antara kami sebagai guru dan penyelidik, dan pelajar sebagai peserta kajian.

Kelulusan Etika dan Persetujuan untuk Menyertai Kajian (*Ethics Approval and Consent to Participate*)

Penyelidik menggunakan garis panduan etika penyelidikan yang disediakan oleh Pusat Pascasiswazah, Universiti Malaysia Sabah. Semua prosedur yang dilakukan dalam kajian ini yang melibatkan subjek manusia telah dijalankan mengikut piawaian etika pusat penyelidikan. Kebenaran dan persetujuan mengikuti kajian turut diperolehi daripada semua peserta kajian.

Penghargaan (*Acknowledgement*)

Terima kasih kepada responden kajian dan Prof. Dr. Knut Neumann, Ketua Jabatan Didaktik Fizik, Institut Leibniz Pedagogi Sains dan Matematik, Universiti Kiel, Jerman kerana membantu menjayakan kajian ini.

Kewangan (*Funding*)

Kajian ini tidak menerima sebarang tajaan atau bantuan kewangan.

Konflik Kepentingan (*Conflict of Interests*)

Penulis melaporkan tiada sebarang konflik kepentingan berkenaan penyelidikan, pengarang atau penerbitan kajian ini.

Rujukan

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practices: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417-436.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Bécu-Robinault, K. & Tiberghien, A. (1998). Integrating experiments into the teaching of energy. *International Journal Science Education*, 20(1), 99-114.
- Carey, S. (1999). Sources of conceptual change. In E. K. Scholnick, K. Nelson & P. Miller (eds.), *Conceptual Development: Piaget's Legacy*, 293-326. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Chabalengula, V. M., Sanders, M. & Mumba, F. (2012). Diagnosing students' understanding of energy and its related concepts in biological context. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10, 241-266.
- Chai, T. Y., Wan, F., Shima, B., Ismayatim, Seng, Y. K., Ragavan, R. & Roslina, A. (2006). *Form Four Physics Text Book*. Curriculum Development Centre, Ministry of Education Malaysia.
- Chi, M. T. (2009). *Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift*. International Handbook of Research on Conceptual Change, 89-110. Routledge.
- Dawson-Tunik, T. L. & Stein, Z. (2004). *It Has Bounciness Inside! Developing Conceptions of Energy* dari laman <https://dts.lectica.org/PDF/Bounciness.pdf>.
- Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5(1), 61-84.
- Driver, R. & Erickson, G. (1983). Theories-in-actions: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10, 37-60.
- Driver, R. & Millar, R. (1986). Energy matters: *Proceedings of an invited conference: Teaching about energy within the secondary science curriculum* (eds.). Leeds (England): University of Leeds, Centre for Studies in Science in Science and Mathematics Education.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P. & Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.

- Duit, R. & Häußler, P. (1994). Learning and teaching energy. In P. Fensham, R. Gunstone & R. White (eds.). *The Content of Science*, 185-200. London: The Falmer Press.
- Duit, R. & Treagust, D. (1998). Learning science: From behaviourism towards social constructivism and beyond. In: B. J. Fraser & K. J. Tobin (eds.), *International Handbook of Science Education*, 3-25.
- Duit, R. & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.
- Duit, R., Gropengiesser, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction—A framework for improving teaching and learning science. In *Science Education Research and Practice in Europe*, 13-37. Brill Sense.
- Duit, R., Treagust, D. F. & Widodo. (2013). Teaching science for conceptual change: theory and practice. In S. Vosniadou (eds.). *International Handbook of Research on Conceptual Change*, 487-503. New York: Routledge.
- Eger, M. (1992). Hermeneutics and science education: An introduction. *Science and Education*, 1(4), 337-348.
- Eisenkraft, A., Nordine J., Chen, R. F., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann K. & Scheff, A. (2014). Introduction: Why focus on energy instruction? In Chen, R. F., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J. S., Neumann, K., Nordine, J. & Scheff, A. (eds.). *Teaching and Learning of Energy in K-12 Education*, 1-11.
- Fensham, P. J. (2001). Science content as problematic—issues for research. In H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Graber, M. Komorek, A. Kross & P. Reiska, Eds., *Research in Science Education—Past, Present, and Future*, 27-41. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Fensham, P. J. (2004). *Defining an Identity: The Evolution of Science Education as A Field of Research*, 20. Springer Science and Business Media.
- Feynman, R. P., Leighton, R. B. & Sands, M. (2011). *The Feynman Lectures On Physics. The new millennium edition: mainly mechanics, radiation, and heat*. Basic Books.
- Gilbert, J. K., Osborne, R. J. & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66(4), 623-633.
- Goldring, H. & Osborne, J. (1994). Students' difficulties with energy and related concepts. *Physics Education*, 29(1), 26. Institute of Physics (IOP) Publishing Ltd.
- Gropengießer, H. (2007). *Didaktische Rekonstruktion des Sehens: Wissenschaftliche Theorien und die Sicht der Schüler in der Perspektive der Vermittlung* [Educational reconstruction of seeing: Scientific theories and the students' view from the perspective of mediation.] (Reprint of the 2nd ed.). Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
- Grusche, S. (2017). Students' ideas about prismatic images: teaching experiments for an image-based approach. *International Journal of Science Education*, 39(8), 981-1007.
- Gyberg, P. & Lee, F. (2010). The construction of facts: Preconditions for meaning and teaching energy in Swedish classrooms. *International Journal of Science Education*, 32(9), 1173-1189.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2006). Teaching and learning with analogies. In Aubusson, P. J., Harrison, A. G. & Ritchie, S. M. (eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education*, 11-24. Netherlands: Springer.
- Herrmann-Abell, C. F. & DeBoer G. E. (2011). *Investigating Students' Understanding of Energy Transformation, Energy Transfer, And Conservation of Energy Using Standard-Based Assessment Items*. Paper presented at the 2011 NARST Annual Conference, Orlando, FL.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1996). Educational Reconstruction—Bringing together issues of scientific clarification and students'

- conceptions. *Paper presented at the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching (NARST)*, St. Louis.
- Klette, K. (2007). Trends in research on teaching and learning in schools: Didactics meets classroom studies. *European Educational Research Journal*, 6(2), 147-160.
- Krummel, R., Sunal, D. W. & Sunal, C. S. (2007). Helping students reconstruct conceptions of thermodynamics: energy and heat. *Science Activities*, 44(3), 106-112.
- Lee, H. S. & Liu, O. L. (2010). Assessing learning progression of energy concepts across middle school grades: The knowledge integration perspective. Wiley Periodicals, Inc. *Science Education*, 94, 665-688.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking Science: Language, Learning, and Values*. Ablex Publishing Corporation, 355 Chestnut Street, Norwood, NJ 07648.
- Lijnse, P. L. (1990). Energy between the life-world of pupils and the world of physics. *Journal of Science Education*, 74(1), 571-583.
- Lindeman, M. & Saher, M. (2007). Vitalism, purpose and superposition. *British Journal of Psychology*, 98, 33-44.
- Liu, X. & McKeough, A. (2005). Developmental Growth in Students' Concept of Energy: Analysis of Selected Items from the TIMSS Database. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 493-517.
- Liu, X., Ebenezer, J. & Fraser, D. M. (2002). Structural characteristics of university engineering students' conception of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(5), 423-441.
- Loverude, E. M., Kautz, H. C. & Heron, P. R. L. (2002). Students understanding of the first law of thermodynamics: Relating work to the adiabatic compression of an ideal gas. *American Journal of Physics*, 70(2), 137-148.
- Méheut, M. & Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.
- Mikelskis-Seifert, S., Ringelband, U. & Brückmann, M. (2008). *Four Decades of Research in Science Education: From Curriculum Development to Quality Improvement*, 221-238. Münster, Germany: Waxmann.
- Millar, R. (2014). Teaching about energy: From every day to scientific understandings. *School Science Review*, 96(354), 45-50.
- Milner-Bolotin, M., Milner, V., Tasnádi, A. M., Weck, H. T., Groma, I. & Ispánovity, P. D. (2021, May). Contemporary Experiments and New Devices in Physics Classrooms. *Journal of Physics: Conference Series* 1929(1), 012067. Institute of Physics (IOP) Publishing.
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J. & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 162-188.
- Nordine, J., Krajcik, J. & Fortus, D. (2010). Transforming energy instruction in middle school to support integrated understanding and future learning. *Science Education*, 95(4), 670-690.
- Osborne, R. J. & Bell, B. (1983). Science teaching and children's view on the world. *European Journal of Science Education*, 5(1), 1-14.
- Osborne, R. J. & Gilbert, J. (1980). A technique for exploring students' views of the world. *Physics Education*, 15, 376-379.
- Perkins, K., Adams, W., Dubson, M., Finkelstein, N., Reid, S., Wieman, C. & LeMaster, R. (2006). PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics. *The Physics Teacher*, 44(1), 18-23.
- Pfundt, H. & Duit, R. (1994). *Students' Alternative Frameworks and Science Education*. Bibliography. Kiel: Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik, IPN.

- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Rizaki, A. & Kokkatos, P. (2013). The use of history and philosophy of science as a core for socioconstructivist teaching approach of the concept of energy in primary education. *Science and Education*, 22(5), 1141-1165.
- Sağlam-Arslan, A. (2010). Cross-grade comparison of students' understanding of energy concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 19, 303-313.
- Schmitt, R. (2005). Systematic metaphor analysis as a method of qualitative research. *The Qualitative Report*, 10(2), 358-394.
- Smith, J. P., diSessa, A. & Roschelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *Journal of the Learning Science*, 3(2), 115-163.
- Steffe, L. & D'Ambrosio, B. (1996). Using teaching experiment to understand students' mathematics. In Treagust, D., Duit, R. & Frase, B. (eds.), *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics*, 65-76. New York: teacher College Press.
- Steffe, L. P. & Thompson, P. W. (2000). Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education*, 267-306.
- Strike, K. A. & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. *Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice*, 176.
- Svedholm, A. M. & Lindeman, M. (2012). The separate roles of the reflective mind and involuntary inhibitory control in gatekeeping paranormal beliefs and the underlying intuitive confusions. *British Journal of Psychology*, 104(3), 303-319.
- Svedholm, A. M., Lindeman, M. & Lipsanen, J. (2010). Believing in the purpose of events: Why does it occur, and is it supernatural? *Applied Cognitive Psychology*, 24, 252-265.
- Trumper, R. (1990). Energy and a constructivist way of teaching. *Physics Education*, 25(4), 208-212.
- Vosniadou, S. (2009). *International Handbook of Research On Conceptual Change* (eds.). Routledge.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Process*. Harvard University Press.
- Watts, D. M. (1983). Some alternative views of energy. *Physics Education*, 18(5), 213-217.
- Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P. & Perkins, K. K. (2010). Teaching physics using PhET simulations. *The Physics Teacher*, 48(4), 225-227.