

HASIL PENELITIAN TERAPAN GLOBAL/INTERNASIONAL TAHUN 2019

PENGEMBANGAN MODEL PRAKTIKUM FISIKA BERBASIS MULTIPLE SKILLS UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN 4C (Communication, Collaboration, Critical Thinking and Problem Solving, dan Creativity and Innovation)



Dr. Adam Malik, M.Pd.
Mujib Ubaidillah, M.Pd.

Dr. Adam Malik, M.Pd.
Mujib Ubaidillah, M.Pd.

PENGEMBANGAN MODEL PRAKTIKUM FISIKA BERBASIS
MULTIPLE SKILLS UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN 4C

ISBN 978-602-5823-77-0



DIREKTORAT PENDIDIKAN TINGGI KEAGAMAAN ISLAM
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ISLAM
KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
2019

HASIL PENELITIAN TERAPAN GLOBAL/INTERNASIONAL TAHUN 2019

**PENGEMBANGAN MODEL PRAKTIKUM FISIKA
BERBASIS MULTIPLE SKILLS
UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN 4C**
(Communication, Collaboration, Critical Thinking and Problem Solving,
dan Creativity and Innovation)

Dr. Adam Malik, M.Pd.
Mujib Ubaidillah, M.Pd

**DIREKTORAT PENDIDIKAN TINGGI KEAGAMAAN ISLAM
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ISLAM
KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA**

**PENGEMBANGAN MODEL PRAKTIKUM FISIKA BERBASIS
MULTIPLE SKILLS UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN 4C
(Communication, Collaboration, Critical Thinking and Problem
Solving, dan Creativity and Innovation)**

Penulis:

Dr. Adam Malik, M.Pd.
Mujib Ubaidillah, M.Pd.

ISBN: 978-602-5823-77-0

Penyunting:

Widodo Dwi Ismail

Desain Sampul dan Tata Letak:

Ono Sae

Penerbit:

Pusat Penelitian dan Penerbitan UIN SGD Bandung

Jl. H.A. Nasution No. 105 Bandung
Tlp. (022) 7800525, Fax. (022) 7800525
<http://lp2m.uinsgd.ac.id>

vi + 177 hlm; 18 x 25 cm

Cetakan pertama, Oktober 2019

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara
apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, berkat rahmat, hidayah, dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

Peneliti menyadari bahwa penyusunan penelitian ini masih banyak terdapat kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Hal ini dikarenakan keterbatasan kemampuan yang penulis miliki.

Atas segala kekurangan dan ketidaksempurnaan penelitian ini, penulis sangat mengharapkan masukan, kritik, dan saran yang bersifat membangun ke arah perbaikan dan penyempurnaan penelitian ini. Cukup banyak kesulitan yang penulis temukan dalam penulisan penelitian ini, tetapi alhamdulillah dapat penulis atasi dan selesaikan dengan baik.

Akhir kata, penulis berharap semoga penelitian ini bermanfaat bagi semua pihak dan semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT.

Bandung, Oktober 2019

Peneliti,

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	v
BAB 1. PERAN PRAKTIKUM DALAM PEMBELAJARAN FISIKA	1
A. Hakikat Fisika	1
B. Metode Ilmiah	5
C. Peranan Praktikum dalam Pembelajaran Fisika	8
D. Hubungan Fisika dan Matematika	9
BAB 2. PERANAN PRAKTIKUM DALAM PEMBELAJARAN ABAD KE-21	11
A. Nilai-Nilai Praktikum	12
B. Higher Order Thinking (HOT)	16
BAB 3. JENIS PRAKTIKUM	20
A. Real Laboratory	20
B. Virtual Laboratory	22
BAB 4. MODEL PRAKTIKUM VERIFIKASI	27
A. Pengantar	27
B. Karakteristik	28
C. Panduan Praktikum (LKS)	29
D. Contoh	35
BAB 5. MODEL PRAKTIKUM INKUIRI	46
A. Pengantar	46
B. Karakteristik	47
C. Panduan Praktikum (LKS)	50
D. Contoh	56
BAB 6. MODEL PRAKTIKUM PROBLEM SOLVING LABORATORY	72
A. Pengantar	72
B. Karakteristik	74

C. Panduan Praktikum (LKS)	75
D. Contoh	85
BAB 7. MODEL PRAKTIKUM HIGHER ORDER THINKING	
LABORATORY	102
A. Pengantar	102
B. Karakteristik	102
C. Panduan Praktikum (LKS)	105
D. Contoh	116
BAB 8. MODEL PRAKTIKUM MULTIPLE SKILL	131
A. Pengantar	131
B. Karakteristik	131
B. Panduan Praktikum (LKS)	135
C. Contoh	146
REFERENSI	171

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ruang Lingkup Ilmu Fisika.....	2
Gambar 2. (a) Fakta Pemantulan, (b) Penjelasan Konseptual	3
Gambar 3. Siswa Sedang Melakukan Kegiatan Praktikum sebagai Bentuk Proses Sains.....	3
Gambar 4. Alur Penerapan Hakikat Fisika.....	4
Gambar 5. Model Integrasi Fisika.....	4
Gambar 6. Alur Berpikir Ilmiah	6
Gambar 7. Alat dan Bahan pada LKS verifikasi	30
Gambar 8. Rangkaian Percobaan Pada LKS Verifikasi	30
Gambar 9. Tahapan Kegiatan PSL.....	75

DAFTAR TABEL

Table 1. Analisis Kompetensi berdasarkan Taksonomi Bloom	17
Table 2. Perbedaan Real dan Virtual Lab.....	26
Table 3. Karakteristik Praktikum Verifikasi	28
Table 4. Perbedaan Praktikum Verifikasi dan Inkuiri	47
Table 5. Karakteristik Praktikum Inkuiri	48
Table 6. Karakteristik Kegiatan pada Praktikum Multiple Skill	132

BAB 1. PERAN PRAKTIKUM DALAM PEMBELAJARAN FISIKA

A. Hakikat Fisika

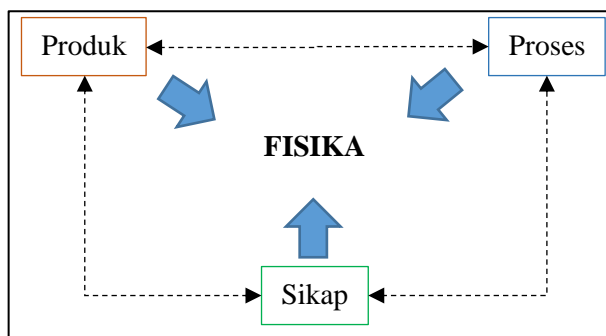
Ilmu fisika merupakan bagian dari ilmu pengetahuan alam yang mempelajari gejala alam dengan menggunakan pendekatan yang ilmiah. Karakteristik studi fisika adalah mempelajari materi dan energi serta interaksinya. Kedua komponen ini (materi dan energi) merupakan perihal yang sangat fundamental dan sangat mudah diamati, akan tetapi dengan jumlah dan bentuk materi serta energi yang beragam pembelajaran fisika menjadi sangat luas. Interaksi antara materi dan materi, materi dan energi, serta gejala-gejala yang didasari pada perubahan energi menjadikan fisika sebagai ilmu yang kompleks untuk dipelajari.

Menurut Ojediran et al. (2014) fisika adalah studi tentang materi dan kejadian alam, yang sebagian besar didasarkan pada pengamatan empiris dan pengukuran kuantitatif. Beberapa orang menganggap fisika sebagai sains paling fundamental karena merupakan dasar dari semua bidang sains lainnya (Tipler, 1998). Menurut Etkina (2006) fisika terbentuk sebagai akibat pertemuan dari dua orde pengalaman, pertama mendasarkan diri pada hasil observasi terhadap gejala alam (*orde observation*) dan kedua mendasarkan diri pada konsep manusia mengenal alam (*orde conceptional*). Dengan demikian, dalam desain pelaksanaan pembelajaran fisika harus diupayakan agar dapat membangkitkan minat pebelajar untuk menjawab apa dan bagaimana sesuatu dapat terjadi sehingga dapat meningkatkan keterampilan berpikir untuk memahami karakteristik berbagai fenomena alam semesta beserta segala isinya.

Pengenalan objek fisika yang ada di lingkungan alam sekitar peserta didik bersifat mikroskopik maupun makroskopik. Pengenalan tersebut diharapkan memunculkan kesadaran bahwa mereka bersatu dengan alam. Dalam hal ini, pendidikan fisika hendaknya mampu membiasakan peserta didik menggunakan metode ilmiah dalam belajar fisika. Dalam melahirkan pengetahuan ilmiah, metode ilmiah hendaknya memadukan pendekatan induktif-empiris dan deduktif-rasional, sehingga kebenaran menjadi koheren tidak hanya pada pengetahuan yang berlaku, tetapi juga pada fakta yang ada.

Pembelajaran fisika tentunya tidak dapat dipisahkan dari hakikat sains. Hakikat sains merupakan suatu proses inkuiri atau proses mencari

informasi untuk menjawab suatu masalah yang hasilnya merupakan kumpulan prinsip, konsep, kaidah tentang tingkah laku sains (Mariana, 2005). Sebagai cabang IPA, fisika juga terdiri atas proses, sikap dan produk. Proses dan sikap dalam fisika dibangun dan berkembang pada saat yang bersamaan dengan pengembangan produk-produk fisika, yang dibangun melalui proses empiris yang diawali pengamatan gejala alam.



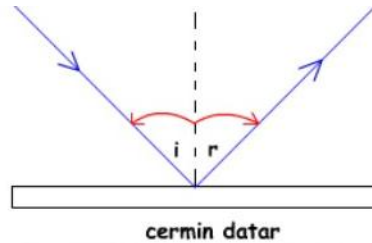
Gambar 1. Ruang Lingkup Ilmu Fisika

Gambar 1 memperlihatkan bagaimana ketiga aspek yang menyusun hakikat fisika saling berhubungan. Seseorang yang mendalami fisika sebagai sebuah ilmu tidak akan terlepas dan fokus pada salah satu pilihan aspek saja. Mempelajari produk fisika berarti mempelajari gejala dan upaya yang dilakukan untuk menemukan produk tersebut yang diiringi dengan sikap ilmiah yang tertuang di dalamnya. Sejatinya, ketika seorang mendalami fisika sebagai sebuah ilmu baik itu berupa teori ataupun terapan maka orang tersebut sedang membentuk sikap ilmiah dan melakukan proses sains untuk menemukan hasil yang diinginkan.

Aspek produk meliputi fakta, konsep, teori dan hukum yang berkaitan dengan fisika. Komponen produk berkaitan dengan pengetahuan dan ranah keilmuan (*body of knowledge*) yang dapat dipelajari oleh siapa saja. Contoh dari aspek fisika sebagai produk adalah gejala pemantulan. Semua orang dapat mengamati dan melihat peristiwa pemantulan (fakta), akan tetapi tidak semua orang dapat menjelaskan bagaimana fenomena pemantulan dapat terjadi. Hal ini disebabkan karena penjelasan mengenai peristiwa pemantulan hanya dapat dilakukan oleh orang yang mengetahui konsep dan hukum yang berlaku. Pada tahap ini ilmu fisika ditempatkan sebagai hasil dari sebuah penyelidikan.



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Fakta Pemantulan, (b) Penjelasan Konseptual

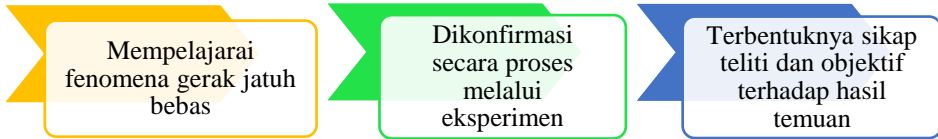
Fisika sebagai proses menuntun siswa untuk melakukan tindakan-tindakan yang bersifat ilmiah. Pada pembahasan sebelumnya fisika dinyatakan sebagai salah satu ilmu yang fundamental yang berawal dari pengalaman/pengamatan. Pada kajian mengenai fisika sebagai proses, siswa ditempatkan sebagai pelaku atau orang yang akan menemukan konsep dan teori (*a way of investigating*). Sebagai sebuah investigasi siswa dituntun untuk melakukan berbagai tahapan kegiatan (yang dirancang oleh guru) sehingga menemukan sebuah produk pengetahuan baik itu fakta, konsep, atau melakukan konfirmasi kepada teori-teori sebelumnya.



Gambar 3. Siswa Sedang Melakukan Kegiatan Praktikum sebagai Bentuk Proses Sains

Selanjutnya hakikat fisika sebagai sikap ilmiah (*a way of thinking*). Sikap ilmiah didefinisikan sebagai sikap yang terbentuk dan melekat sebagai akibat pelaksanaan proses dan kajian yang mendalam terhadap

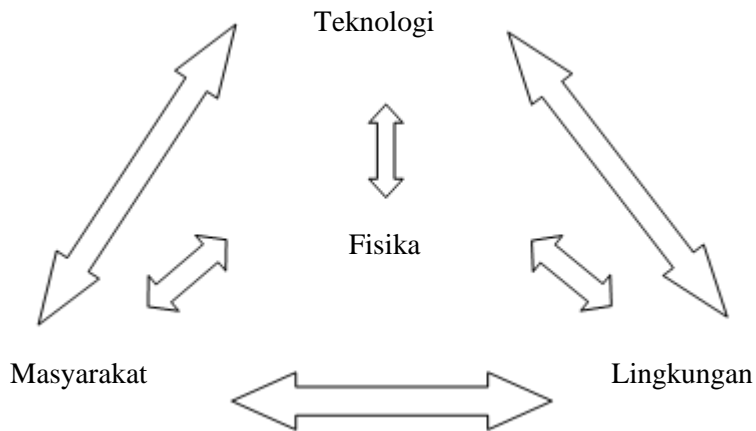
suatu penemuan. Sikap sains diantaranya terdiri dari objektif, disiplin, teliti, bertanggung jawab, percaya diri, terbuka, dan lainnya. Sebagai contoh upaya pembentukan sikap ilmiah adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Alur Penerapan Hakikat Fisika

Kegiatan pembelajaran diawali dengan pendeskripsian topik pembelajaran (gerak jatuh bebas) yang dapat diamati. Fenomena tersebut kemudia dijelaskan secara konseptual melalui kajian-kajian teoritik dan dilanjutkan dengan konfirmasi fenomena melalui kegiatan eksperimen. Proses pembelajaran yang dilalui peserta didik diharapkan mampu membentuk sikap teliti dan objektif.

Seiring dengan perkembangan zaman, fisika bukan lagi sebagai sekedar ilmu teoritik dan terapan. Lebih jauh keilmuan fisika diharapkan mampu diintegrasikan kedalam berbagai elemen kehidupan.



Gambar 5. Model Integrasi Fisika

Terlihat pada Gambar 5 model fisika yang terintegrasi kedalam elemen teknologi, masyarakat, dan lingkungan. Implementasi keilmuan fisika diharapkan mampu menghadirkan teknologi-teknologi masa depan yang baik yang tentunya bersifat efektif dan efisien. Sebagai contoh, dewasa ini digiatkan gerakan energi terbarukan (*renewable energy*) yang didasarkan pada kajian ilmu fisika. Energi nuklir misalnya, diupayakan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) dengan mempertimbangkan energi yang dapat dihasilkan dan biaya serta dampak lingkungan yang dihasilkan. Energi nuklir dinilai sangat efektif dan efisien untuk menghasilkan energi dalam jumlah besar. Kajian-kajian tersebut termasuk kedalam ranah fisika.

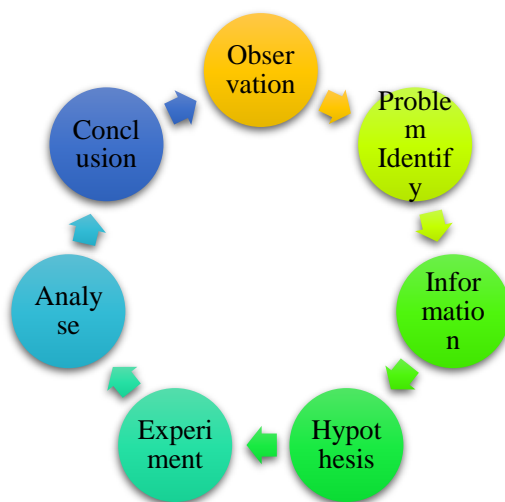
Hal yang serupa juga dilakukan dengan upaya pensejahteraan masyarakat. Sebagaimana yang kita ketahui pasokan energi yang besar dan cadangan energi yang memadai dapat mengurangi biaya (*cost*) yang harus dibayarkan oleh masyarakat. Di beberapa negara Eropa, masyarakat dapat menjual energi listrik yang mereka hasilkan melalui PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) kepada pemerintah dan hal ini bernilai ekonomis. Selain itu, pengembangan teknologi dengan sistem *back to nature* adalah salah satu upaya untuk menjaga lingkungan. Hal ini berkaitan dengan zat sisa yang dihasilkan oleh energi fosil yang merusak alam.

B. Metode Ilmiah

Metoda secara bahasa diartikan sebagai cara atau upaya yang dilakukan secara teratur dan terstruktur untuk mendapatkan suatu hasil. Berkaitan dengan metoda ilmiah cara atau upaya yang dilakukan harus mengikuti prosedur ilmiah yang berlaku. Beberapa syarat khusus yang dilakukan pada metoda ilmiah adalah bersifat objektif, metodik, sistematis, dan berlaku secara umum. Objektif artinya setiap temuan yang dilaporkan sesuai dengan temuan di lapangan tanpa melakukan modifikasi terlebih dahulu. Proses modifikasi dapat dilakukan dengan catatan memperhatikan variabel-variabel yang dikontrol sehingga menjadi suatu metoda penyelesaian untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Dalam metoda ilmiah, setiap kegiatan yang dilakukan untuk mengubah hasil dijadikan sebagai rujukan dan bahan pertimbangan untuk melakukan analisis. Berikutnya adalah dilakukan secara sistematis yang artinya pengetahuan yang dihasilkan harus memiliki korelasi dengan pengetahuan sebelumnya sehingga sistem keilmuan yang dimiliki bersifat holistik.

Ciri yang terakhir yaitu bersifat umum yang artinya dapat diterima dan diamati oleh orang secara umum. Sebagai catatan, untuk menghasilkan temuan yang sama diperlukan perlakuan dan langkah yang sama. Hal ini memungkinkan peneliti lain untuk mempelajari gejala yang serupa dengan gejala yang telah dipelajari. Berkaitan dengan pola relatif dan tentatif, hasil temuan masih memiliki korelasi yang dapat dijelaskan secara ilmiah pula.

Metoda ilmiah sebagai suatu langkah yang bertahap memiliki alur berpikir sebagai berikut:



Gambar 6. Alur Berpikir Ilmiah

Metode ilmiah sejatinya diawali dengan kegiatan observasi lapangan. Proses observasi dilakukan untuk menemukan permasalahan-permasalahan yang berkaitan dengan studi yang sedang dilakukan. Setelah melakukan pengamatan dan menemukan permasalahan, peneliti harus merumuskan permasalahan secara spesifik sebagai fokus penelitian yang dilakukan. Biasanya dirumuskan dalam bentuk pertanyaan penelitian yang nantinya akan dijawab melalui kegiatan eksperimen. Sebelum melakukan eksperimen untuk memecahkan masalah, peneliti biasanya mengumpulkan informasi terkait studi yang sedang dilakukan. Hal ini bertujuan untuk melihat dan menelusuri hasil penelitian orang lain yang serupa agar tidak melakukan kesalahan yang sama.

Setelah mendapatkan gambaran untuk menyelesaikan permasalahan, peneliti biasanya membuat suatu praduga (hipotesis) terhadap hasil

yang akan diperoleh. Hipotesis dirumuskan secara ilmiah dan berlandaskan pada hasil temuan orang lain. Hipotesis hanya bersifat sementara dan dapat diterima atau ditolak ketika mendapatkan hasil pada kegiatan eksperimen. Hipotesis diterima ketika hipotesis sesuai dengan hasil eksperimen dan hipotesis ditolak ketika hasil eksperimen berbeda dengan hipotesis yang diajukan.

Kegiatan eksperimen adalah kegiatan pengujian hipotesis. Pada kegiatan eksperimen peneliti akan melakukan manipulasi hasil dengan mengubah variabel bebas. Hal yang perlu diperhatikan adalah manipulasi hasil murni didasarkan pengaruh dari variabel bebas. Selain itu, diperlukan variabel lain yang dijadikan kontrol untuk menghindari terjadinya bias hasil penelitian. Sebagai contoh, untuk mengamati gejala termodinamika sederhana $PV=T$. Peneliti dapat menentukan tekanan P sebagai variabel bebas dan temperatur T sebagai variabel terikat sedangkan volum V ditetapkan sebagai variabel kontrol.

Setelah mendapatkan data penelitian, langkah berikutnya adalah melakukan analisis terkait data tersebut. Analisis sendiri merupakan pekerjaan yang membutuhkan keahlian dan pembiasaan karena tergolong cukup rumit. Pada tahap ini peneliti harus mampu melihat kecenderungan data, mengekstrak dan melakukan fitting data. Data yang awalnya berupa angka harus diolah sedemikian rupa agar terlihat sederhana dan mudah dipahami. Penyajian data dapat dilakukan dengan menggunakan grafik, tabel, diagram, histogram dan sebagainya. Selanjutnya peneliti juga harus menjelaskan temuan mereka kepada pembaca. Hal yang perlu diperhatikan adalah data tidak akan bermakna tanpa diberikan penjelasan. Hal ini menghindari miskonsepsi ketika hasil penelitian dibaca oleh orang lain.

Tahap terakhir dari metode ilmiah adalah menarik kesimpulan. Kesimpulan sebagai temuan dan rangkuman akhir kegiatan penelitian harus dipahami. Pada tahap ini peneliti juga menentukan apakah hipotesisnya diterima atau ditolak. Perlu diperhatikan, hipotesis tidak harus diterima. Hipotesis yang ditolak juga merupakan bagian dari hasil penelitian, sehingga peneliti tidak diperkenankan untuk mengarahkan kesimpulan untuk diterima. Perbedaannya adalah ketika hipotesis diterima maka akan menjadi bagian dari pengetahuan ilmiah karena telah teruji kebenarannya sedangkan hipotesis yang ditolak akan menjadi temuan baru yang selanjutnya akan dilakukan analisis dan evaluasi mengenai temuan tersebut. Hipotesis yang ditolak dapat menjadi akar pengetahuan ilmiah berikutnya dan menjadi temuan yang signifikan untuk menjelaskan keterlibatan beberapa faktor.

C. Peranan Praktikum dalam Pembelajaran Fisika

Pandangan pendidikan sains yang menyatakan memiliki banyak masalah, disebabkan karena kebanyakan peserta didik gagal untuk melihat bagaimana pengetahuan sains akan berguna bagi mereka di masa depan. Oleh karena itu peserta didik tidak memiliki motivasi untuk "belajar di sekolah". Pengajaran seperti ini melewatkan kesempatan yang luar biasa bagi peserta didik untuk belajar pemecahan masalah, berkomunikasi, dan keterampilan berpikir yang akan mereka butuhkan untuk menjadi pekerja yang efektif dan warga di abad ke-21.

Teori pembelajaran konstruktivisme menjelaskan bahwa manusia membangun atau menciptakan pengetahuan dengan cara mencoba memberi arti pada pengetahuan sesuai dengan pengalamannya (Nurhadi, 2003). Oleh sebab itu, guru dalam pembelajaran sains hendaknya menyadari bahwa kebermaknaan suatu pembelajaran akan terjadi apabila memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk membangun pengetahuan mereka sendiri.

Salah satu cara untuk membangun pengetahuan peserta didik adalah dengan melaksanakan pembelajaran dengan menggunakan metode praktikum. Menurut Hidayati (2012) metode praktikum adalah cara penyajian pelajaran dimana peserta didik melakukan percobaan dengan mengalami dan membuktikan sendiri sesuatu yang dipelajari. Proses belajar mengajar dengan metode praktikum memberi kesempatan kepada peserta didik untuk mengalami sendiri atau melakukan sendiri, mengikuti suatu proses, mengamati suatu objek, menganalisis, membuktikan dan menarik kesimpulan sendiri mengenai suatu objek atau keadaan sesuatu. Metode praktikum menitikberatkan pada kegiatan untuk melakukan pengamatan, percobaan, pengumpulan data, yang dilakukan di laboratorium atau tempat lain yang disamakan dengan laboratorium dan *workshop*, melakukan pembahasan dan pelaporan (Sukmara, 2007).

Praktikum dalam pembelajaran fisika merupakan salah satu kegiatan penting yang perlu dilakukan peserta didik. Hal ini penting karena peran praktikum dalam pembelajaran fisika adalah sebagai suatu cara untuk membentuk pemahaman dan pengalaman peserta didik. Pemahaman peserta didik dapat dibentuk, bergantung pada apa yang dipelajari, terkait dengan pandangan tentang fisika sebagai produk. Pengalaman peserta didik tentang bagaimana cara mempelajarinya, apabila fisika dipandang sebagai proses, yang diikuti munculnya sikap ilmiah (Tamir, 2005; Koponen & Mantyla, 2003; Millar, 2004a, Carin, 1997; Hodson,

1990). Steinbach (2002) menyatakan hal tersebut penting, karena dalam proses belajar peserta didik akan cepat lupa jika hanya dijelaskan secara lisan. Mereka akan mengingat dan memahami konsep apabila diberikan contoh dan kesempatan mencoba.

Melalui kegiatan praktikum fisika, peserta didik diharapkan mampu mengembangkan keterampilan berpikirnya untuk mendukung proses pembelajaran yang memberikan penekanan pada aspek proses dan produk. Kegiatan praktikum fisika dapat meningkatkan kemampuan berpikir siswa berdasarkan tujuan pembelajaran, dalam pandangan fisika sebagai proses. Kemampuan berpikir peserta didik mungkin saja dimiliki, tetapi belum tentu mereka terampil dalam menerapkan pemikirannya. Agar mereka terampil dalam berpikir, maka proses pengembangannya perlu dilatihkan, sehingga mereka bukan saja mampu dan terampil dalam kaitannya dengan ranah psikomotorik, tetapi juga dapat berpikir secara sistematis, objektif, kritis dan kreatif. Kegiatan laboratorium dalam pembelajaran sains memiliki empat fungsi utama secara hierarki bagi peserta didik, yaitu: melaksanakan percobaan, melakukan kerja laboratorium, melakukan praktikum, dan menyelenggarakan pembelajaran sains berdasarkan karakteristik konsep (Hodson, 1990).

Menurut *American Laboratory Report* (Brewer, et al., 2009) terdapat sejumlah kemampuan yang perlu dikembangkan melalui kegiatan praktikum dalam laboratorium sains di sekolah untuk membantu memperbaiki pemahaman peserta didik tentang sains dan mempersiapkan seorang menjadi ilmuwan. Kemampuan yang dikembangkan tersebut yaitu: 1) mengembangkan pertanyaan penelitian dalam penyelidikan; 2) merumuskan hipotesis; 3) mempersiapkan eksperimen; 4) melakukan pengamatan; 5) membangun/memperbaiki model ilmiah; 6) evaluasi, *testing* dan verifikasi. Menurut Wenning (2006) pembelajaran di laboratorium fisika harus membimbing peserta didik ke arah berpikir tingkat tinggi melalui tahapan kegiatan: observasi; melakukan eksperimen; mengumpulkan, menyusun, dan menganalisis data; menerapkan metode numerik untuk mendukung kesimpulan; menjelaskan hasil apapun yang diduga dan membuat laporan.

D. Hubungan Fisika dan Matematika

Fisika dan matematika memiliki keterkaitan yang sangat mendasar. Sebagaimana yang kita ketahui bahwa matematika merupakan komponen dasar dalam mempelajari ilmu alam. Hampir disetiap bidang kajian keilmuan menggunakan matematika dalam pendeskripsian.

Sama halnya dengan ilmu alam lainnya (Kimia dan Biologi), Fisika juga mengadopsi pernyataan, lambang, fungsi, dan persamaan matematis untuk menjelaskan fenomena fisika. Sedikit perbedaan dengan ilmu biologi dan kimia, penggunaan pendekatan matematis dalam mempelajari fisika jauh lebih kompleks. Selanjutnya perbedaan antara ilmu fisika dan ilmu matematika adalah ilmu fisika lebih fokus kepada penggunaan persamaan matematis dalam mendeskripsikan dan menjelaskan fenomena fisis sedangkan ilmu matematika lebih cenderung kepada hal-hal yang abstrak.

BAB 2. PERANAN PRAKTIKUM DALAM PEMBELAJARAN ABAD KE-21

Era baru reformasi dalam pendidikan sains antara konten dan pedagogi pembelajaran ilmu pengetahuan dan mengajar sedang diteliti, dan standar baru yang dimaksudkan untuk membentuk pendidikan sains bermakna dikembangkan. Standar Nasional Pendidikan Sains (*National Research Council* [NRC], 1996) dan studi literatur sains lainnya (Bybee, 2000; Lunetta, 1998) menekankan pentingnya memikirkan kembali peran dan praktek kerja laboratorium dalam pengajaran sains. Hal ini terutama tepat karena dalam beberapa dekade terakhir kita telah belajar banyak tentang kognisi manusia dan belajar (Bransford, Brown, & Cocking, 2000). Selain itu, belajar dengan inkuiri (NRC, 2000) adalah tantangan bagi guru dan peserta didik (Krajcik, Mamluk, & Hug, 2001).

Komunitas pendidikan sains telah secara substansial memperluas pengetahuan dan pemahaman siswa tentang konsep-konsep sains dan sifat sains serta telah terjadi pergeseran paradigma besar dalam memikirkan cara-cara di mana peserta didik membangun pengetahuan ilmiah dan pemahaman mereka. Selain itu, perkembangan alat teknologi tinggi memiliki implikasi yang kuat untuk mengajar, belajar, dan penelitian di laboratorium sekolah.

Laboratorium sains memiliki peran sentral dalam upaya untuk beragam lingkungan belajar di mana siswa mengembangkan pemahaman mereka tentang konsep-konsep ilmiah, keterampilan penyelidikan ilmu pengetahuan, dan persepsi ilmu. Laboratorium sains, lingkungan belajar yang unik, adalah pengaturan di mana siswa dapat bekerja sama dalam kelompok kecil untuk menyelidiki fenomena ilmiah. Hofstein dan Lunetta (1982) dan Lazarowitz dan Tamir (1994) mengemukakan bahwa kegiatan laboratorium memiliki potensi untuk meningkatkan hubungan sosial yang konstruktif serta sikap positif dan pertumbuhan kognitif.

Model konstruktivis saat ini banyak diterapkan pendidik sains yang mencoba untuk memahami kognisi dalam ilmu (Lunetta, 1998), yaitu peserta didik membangun ide dan pemahaman atas dasar serangkaian pengalaman pribadi mereka. Belajar adalah aktif, interpretatif, dan proses berulang (Tobin, 1990). Selain itu, tumbuh pembelajaran yang kontekstual di mana peserta didik mengkonstruksi pengetahuan dengan memecahkan masalah yang nyata (Brown, et al., 1989; Polman, 1999; Roth, 1995; Wenger, 1998; Williams & Hmelo, 1998). Pengalaman di laboratorium dapat memberikan kesempatan tersebut bagi siswa jika guru memungkinkan mereka untuk terlibat secara intelektual dengan pengalaman investigasi bermakna di mana mereka dapat membangun konsepsi-konsepsi ilmiah dalam komunitas peserta didik di kelas mereka (Penner, et al., 1998; Roth & Roychoudhury, 1993). Penyelidikan laboratorium menawarkan peluang penting untuk menghubungkan konsep

(pengetahuan) dan teori-teori yang dibahas di kelas dan di buku teks dengan fenomena dan sistem di lingkungan. Laboratorium sains dapat digunakan oleh guru sebagai salah satu bagian dari penelitian tindakan yang bertujuan untuk menguji efek dari suatu pendekatan atau strategi pengajaran laboratorium yang baru terhadap peningkatan kualitas proses dan hasil pembelajaran.

A. Nilai-Nilai Praktikum

Kegiatan praktikum merupakan jalan atau cara bagi para ilmuwan untuk menemukan konsep, teori, asas, ataupun hukum dalam ranah ilmiah. Kegiatan praktikum dalam pembelajaran fisika diadaptasikan sebagai salah satu metode pembelajaran yang berguna untuk menyampaikan materi kepada siswa melalui tiga aspek hakikat sains. Integrasi dalam pembelajaran sains moder melalui kurikulum 2013 menjadikan kegiatan eksperimen sebagai salah satu kegiatan kunci pembelajaran. Hal ini tertuang dalam pendekatan ilmiah yang terdapat dalam kurikulum 2013 yang terdiri dari *mengamati, menanya, manalar, mengeksplorasi, dan mengkomunikasikan* atau yang lebih dikenal dengan pendekatan 5M. Pembelajaran dengan pendekatan 5M (K13) secara spesifik mendeskripsikan pola pembelajaran yang berorientasi pada siswa untuk menggali informasi, melakukan verifikasi sumber informasi, mengumpulkan dan menguji data, melakukan analisis, dan menyampaikan hasil temuan.

Nilai-nilai praktikum yang terintegrasi dalam pendekatan ilmiah (*scientific approach*) secara istilah didefinisikan sebagai proses pembelajaran yang berupaya untuk menjadikan siswa aktif membangun konsep, hukum, ataupun prinsip secara mandiri dengan tahapan kegiatan mengamati, merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, menganalisis data, menarik kesimpulan dan mengkomunikasikan kepada khalayak hasil temuan tersebut.

Pembelajaran K13 sebagai salah satu upaya implementasi pembelajaran menggunakan pendekatan saintifik membuka kesempatan pengembangan skala sikap, keterampilan dan pengetahuan peserta didik. Pendekatan saintifik yang diterapkan pada pembelajaran sains khususnya memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk berpikir secara ilmiah dan kreatif. Pada pembelajaran berbasis pendekatan saintifik, keberhasilan dan keberlangsungan pembelajaran tidak hanya berfokus pada aspek hasil berupa pengetahuan dan angka saja, akan tetapi proses pembelajaran menjadi indikator yang sangat penting untuk dipertimbangkan.

Pelaksanaan pembelajaran di lapangan tidak terlepas dari penggunaan model pembelajaran dan metode yang sesuai untuk menyampaikan materi tersebut. setiap model pembelajaran maupun metoda memiliki karakteristik

masing-masing yang perlu diperhatikan ketika menerapkan dalam proses pembelajaran. Hal ini memberikan penjelasan bahwa tidak ada model yang benar-benar superior dan efektif untuk diimplementasikan dalam pembelajaran. Setidaknya terdapat beberapa pertimbangan yang harus diperhatikan dalam memilih model ataupun metoda pembelajaran diantaranya adalah karakteristik materi pembelajaran, kesiapan siswa, fasilitas, waktu, dan luaran yang diharapkan baik secara skala satuan pendidikan maupun skala nasional.

Berkaitan dengan penerapan pendekatan saintifik dalam pembelajaran di Indonesia memiliki beberapa tujuan pembelajaran yang dapat dibangun diantaranya:

1. Meningkatkan kemampuan intelektual peserta didik yang difokuskan pada kemampuan berpikir tingkat tinggi.
2. Membentuk kemampuan penyelesaian masalah.
3. Menciptakan kondisi belajar yang efektif untuk membangun paradigma siswa bahwa belajar merupakan suatu kebutuhan.
4. Meningkatkan hasil belajar
5. Melatih siswa mengkomunikasikan ide baik secara verbal maupun visual
6. Membentuk karakter sains siswa

Tujuan pembelajaran tersebut dapat dicapai dengan beberapa prinsip reaksi yang harus dijalankan diantaranya:

1. Proses pembelajaran berpusat kepada siswa (*student center*)
2. Pembelajaran dilaksanakan dengan menekankan asa *student self conception*
3. Pembelajaran berjalan secara konsep aksi reaksi dan menekan proses pembelajaran yang berjalan satu arah serta verbalisme
4. Peran guru sebagai fasilitator yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan asimiliasi dan akomodasi konsep, hukum dan prinsip.
5. Proses pembelajaran mendorong siswa untuk berpikir secara kritis
6. Proses pembelajaran haruslah meningkatkan motivasi belajar siswa dan motivasi mengajar guru
7. Memberikan kesempatan kepada siswa untuk menyampaikan ide melalui kegiatan komunikasi
8. Terdapat proses validasi terhadap konsep, hukum, dan prinsip yang dibangun oleh siswa untuk menghindari miskonsepsi

Pembelajaran dengan menggunakan pendekatan saintifik (5M) secara spesifik memiliki karakteristik pada setiap prosesnya sebagai berikut:

1. Mengamati (*Obsering*)

Mengamati berkaitan dengan aktivitas panca indera manusia yang dianugerahkan oleh Tuhan untuk mengamati obyek belajar secara bermakna (*meaningfull learning*). Karena itu, untuk memudahkan pembelajaran, di awal kegiatan pembelajaran dipandang penting untuk mendemonstrasikan obyek belajar yang menarik dan bermanfaat, tentu dipilih obyek belajar yang relevan dengan tema belajar. Obyek itu tidak harus mewah atau mahal, sederhana asalkan mudah digunakan dan menarik.

Obyek belajar sebaiknya yang menantang peserta didik untuk bertanya dan merangsang rasa ingin tahu mereka. Peserta didik diberi kesempatan terlibat untuk melakukan pengamatan (*observasi*) melalui panca inderanya, seperti mengamati gambar animasi, menyentuh obyek tiruan model bagian tubuh manusia (*torso*), mengamati aneka jenis dedaunan di halaman sekolah, mengamati transaksi jual beli di kantin sekolah, mengamati aktivitas petani, peternak, polisi, pasar, tumpukan sampah, dan masih banyak lagi. Jika obyek atau fenomena yang diamati sulit dijangkau, dapat digunakan model tiruannya, bisa dirupakan dalam bentuk rekaman video-audio, gambar animasi, globe, dan lain sebagainya. Kegiatan mengamati dalam pembelajaran dilakukan dengan menempuh langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Menentukan obyek yang akan diobservasi
- 2) Membuat pedoman observasi sesuai dengan lingkup obyek yang diobservasi
- 3) Menentukan secara jelas data apa yang perlu diobservasi, baik primer maupun sekunder.
- 4) Menentukan dimana tempat objek yang akan diobservasi.
- 5) Menentukan secara jelas bagaimana observasi akan dilakukan untuk mengumpulkan data agar berjalan dengan mudah dan lancar.
- 6) Menentukan cara dan melakukan pencatatan atas hasil observasi, seperti menggunakan buku catatan, kamera, tape recorder, perekam video, dan alat tulis lainnya

2. Menanya (*Questioning*)

Menanya adalah tahap kedua dari serangkaian tahapan pembelajaran berpusat pada siswa dengan pendekatan saintifik yang terdiri dari mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, mengkomunikasikan. Menanya melatih siswa mengembangkan kreativitas, rasa ingin tahu, kemampuan merumuskan pertanyaan untuk membentuk pikiran kritis yang perlu untuk hidup cerdas dan belajar sepanjang hayat. Menanya adalah salah satu kompetensi yang diperlukan siswa untuk hidup di era cerdas abad 21.

Dalam kegiatan menanya, guru membuka kesempatan secara luas kepada peserta didik untuk bertanya mengenai fakta, konsep, prinsip atau prosedur yang sudah dilihat, disimak, dibaca atau dilihat. Guru perlu membimbing peserta didik untuk dapat menanya atau mengajukan pertanyaan: pertanyaan

tentang hasil pengamatan objek yang konkrit sampai kepada yang abstrak berkenaan dengan fakta, konsep, prosedur, atau pun hal lain yang lebih abstrak. Siswa harus dilatih agar bisa menanya hal-hal yang bersifat faktual sampai kepada pertanyaan yang bersifat hipotetik. Dari situasi di mana peserta didik dilatih menggunakan pertanyaan dari guru, masih memerlukan bantuan guru untuk mengajukan pertanyaan sampai ke tingkat di mana peserta didik mampu mengajukan pertanyaan secara mandiri. Kegiatan menanya memiliki fungsi sebagai berikut:

- 1) Membangkitkan rasa ingin tahu, minat, perhatian peserta didik tentang suatu tema atau topik pembelajaran.
- 2) Mendorong dan menginspirasi peserta didik untuk aktif belajar, serta mengembangkan pertanyaan dari dan untuk dirinya sendiri.
- 3) Mendiagnosis kesulitan belajar peserta didik eklaigus menyampikan rancangan untuk mencari solusinya.
- 4) Menstruktur tugas-tugas dan emmberikan kesempatan pada peserta didik untuk menunjukkan sikap, keterampilan, dan pengetahuannya atas substansi pembelajaran yang diberikan.
- 5) Membangkitkan keterampilan peserta didik dalm berbicara, mengajukan pertanyaan, dan memberikan jawaban logis, sistematis, dan menggunakan bahasa yang baik dan benar.
- 6) Mendorong peserta didik dalam berdiskudi, berargumen, megembangkan berpikir, dan menarik simpulan.
- 7) Membangun sikap keterbukaan untuk saling memberi dan menerima pendapat atau gagasan, memeperkaya kosa kata, serta mengemabngkan toleransu sosial dalam hidup berkelompok.
- 8) Membiasakan peserta didik berpikir spontan dan cepat, seta sigap dalam merespon persoalan yang tiba-tiba muncul.
- 9) Melatih kesantunan dalam berbicara dan membangkitkan kemampuan berempati satu sama lain.

3. Mengumpulkan Infomasi/Eksperimen

Mengumpulkan informasi/eksperimen merupakan kegiatan pembelajaran yang berupa eksperimen, membaca sumber lain selain buku teks, mengamati objek/kejadian/aktivitas, dan wawancara dengan narasumber. Kompetensi yang dikembangkan dalam proses mengumpulkan informasi/ eksperimen adalah mengembangkan sikap teliti, jujur, sopan, menghargai pendapat orang lain, kemampuan berkomunikasi, menerapkan kemampuan mengumpulkan informasi melalui berbagai cara yang dipelajari, mengembangkan kebiasaan belajar dan belajar sepanjang hayat. Hasil-hasil kegiatan mengumpulkan informasi diantaranya:

- 1) Jumlah sumber yang digunakan pada kegiatan mengumpulkan informasi
- 2) Kualitas sumber yang digunakan pada kegiatan mengumpulkan informasi
- 3) Kelengkapan informasi yang dikumpulkan pada kegiatan mengumpulkan informasi

- 1) Validitas informasi yang dikumpulkan pada kegiatan mengumpulkan informasi
 - 2) Instrumen/alat yang digunakan pada kegiatan mengumpulkan informasi
4. Mengasosiasi, mengolah informasi, atau menalar

Mengasosiasikan/mengolah informasi merupakan kegiatan pembelajaran yang berupa pengolahan informasi yang sudah dikumpulkan baik terbatas dari hasil kegiatan mengumpulkan/eksperimen maupun hasil dari kegiatan mengamati dan kegiatan mengumpulkan informasi. Kompetensi yang dikembangkan dalam proses mengasosiasi/mengolah informasi adalah mengembangkan sikap jujur, teliti, disiplin, taat aturan, kerja keras, kemampuan menerapkan prosedur dan kemampuan berpikir induktif serta deduktif dalam menyimpulkan.

Hasil belajar dari kegiatan ini berbentuk pengembangan interpretasi, argumentasi dan kesimpulan mengenai keterkaitan informasi dari dua fakta/konsep, interpretasi argumentasi dan kesimpulan mengenai keterkaitan lebih dari dua fakta/konsep/teori, menyintesis dan argumentasi serta kesimpulan keterkaitan antarberbagai jenis fakta/konsep/teori/pendapat; mengembangkan interpretasi, struktur baru, argumentasi, dan kesimpulan yang menunjukkan hubungan fakta/konsep/teori dari dua sumber atau lebih yang tidak bertentangan; mengembangkan interpretasi, struktur baru, argumentasi dan kesimpulan dari konsep/teori/pendapat yang berbeda dari berbagai jenis sumber.

5. Mengkomunikasikan (*Communicating*)

Mengkomunikasikan merupakan kegiatan pembelajaran yang berupa menyampaikan hasil pengamatan, kesimpulan berdasarkan hasil analisis secara lisan, tertulis, atau media lainnya. Kegiatan ini berupa aktifitas menyajikan laporan dalam bentuk bagan, diagram, atau grafik; menyusun laporan tertulis; dan menyajikan laporan meliputi proses, hasil, dan kesimpulan secara lisan. Adapun hasil belajarnya berupa menyajikan hasil kajian (dari mengamati sampai menalar) dalam bentuk tulisan, grafis, media elektronik, multi media dan lain-lain. Kompetensi yang dikembangkan dalam tahapan mengkomunikasikan adalah mengembangkan sikap jujur, teliti, toleransi, kemampuan berpikir sistematis, mengungkapkan pendapat dengan singkat dan jelas, dan mengembangkan kemampuan berbahasa yang baik dan benar.

B. Higher Order Thinking (HOT)

Berpikir merupakan suatu bentuk kegiatan yang dilakukan secara sadar dalam mencapai tujuan. Tujuan dalam pembelajaran dapat berupa pemahaman, pengambilan keputusan, perencan, pemecahan masalah, tindakan, ataupun penilaian. Secara sederhana berpikir dapat dibedakan menjadi berpikir tingkat rendah dan berpikir tingkat tinggi. Dalam taksonomi bloom, kompetensi berpikir tingkat rendah meliputi mengingat, menghafal,

dan memahami. Sedangkan berpikir tingkat tinggi meliputi kegiatan mental dalam memecahkan masalah dalam tingkat yang lebih tinggi agar mampu memecahkan masalah dengan baik dan berkualitas tinggi dituntut kemampuan aplikasi, analisis, sintesis, evaluasi, generalisasi, membandingkan, mereduksi, mengklasifikasi informasi, menyimpulkan, dan mengambil keputusan.

Berpikir tingkat rendah lebih fokus pada pengumpulan, mengklasifikasi, menyimpan, dan mengingat. Berpikir tingkat rendah tidak menghasilkan sesuatu yang baru dan kreatif serta tidak memerlukan keterampilan berpikir yang lebih rumit. Hal ini sedikit berbeda dengan kemampuan berpikir tingkat tinggi yang menekankan proses pembelajaran adalah melatih kompetensi berpikir siswa dan bukan pada materi pelajaran.

Table 1. Analisis Kompetensi berdasarkan Taksonomi Bloom

Taksonomi Bloom	Tingkat berpikir	Tinjauan
Knowledge (C1)	Lower-order	Mengingat
Comprehension (C2)	Lower-order	Memahami
Application (C3)	Higher-order	Menerapkan
Analysis & Synthesis(C4)	Higher-order	Menganalisis
Evaluating (C5)	Higher-order	Mengevaluasi
Create (C6)	Higher-order	Membentuk, membuat

Kompetensi kemampuan berpikir tingkat tinggi dimulai dari C3-C6 pada taksonomi bloom. Keempat tingkatan ini jika dapat diidentifikasi sebagai berikut:

a. Aplikasi

Tingkat aplikasi mencakup beberapa kemampuan, antara lain: 1) menggunakan informasi; 2) menggunakan metode, konsep, teori dalam permasalahan baru; dan 3) menyelesaikan masalah menggunakan pengetahuan dan kemampuan yang diperlukan.

b. Analisis dan sintesis

Analisis mencakup beberapa kemampuan, antara lain: 1) melihat polanya; mengorganisasi bagiannya; 3) mengenal pengertian yang tersembunyi; dan 4) mengidentifikasi komponen. Sedangkan sintesis mencakup beberapa kemampuan, antara lain: 1) mengeneralisasi fakta-fakta yang diberikan; 2) menghubungkan pengetahuan dari beberapa area; 3) memprediksi, menarik kesimpulan; dan 4) menggunakan ide lama untuk menciptakan hal yang baru.

c. Evaluasi

Tingkat evaluasi mencakup beberapa kemampuan, antara lain: 1) memberi penilaian terhadap teori; 2) membuat pilihan berdasarkan pertimbangan pemikiran; 3) memperivikasi nilai bukti; 4) mengenal kesubjektifan; dan 5) membandingkan dan membedakan antara gagasan.

d. Create

Membuat memiliki artian bahwa siswa harus mampu membangun dan membentuk suatu bentuk baru yang utuh dengan keterbaruan dan relevansi yang baik. Beberapa kemampuan yang berkaitan dengan create adalah generating, planning dan producing.

Kurikulum abad ke-21 harus memadukan pengetahuan, pemikiran, inovasi keterampilan, media, literasi Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), dan pengalaman kehidupan nyata dalam konteks mata pelajaran akademik. Untuk mencapai pembelajaran otentik seperti pada abad 21, mahasiswa akan terlibat dalam lingkungan belajar secara efektif dan mengembangkan keterampilan abad 21. Adapun keterampilan tersebut dikenal dengan istilah 4C (*Communication, Collaboration, Critical Thinking and Problem Solving*, dan *Creativity and Innovation*). Dengan cara ini, mahasiswa akan dipersiapkan dengan pengetahuan dan keterampilan hidup yang diperlukan sehingga dapat membantu mereka menjadi sukses dalam karir masa depan mereka.

Beberapa ahli memandang higher order thinking skills juga meliputi keterampilan 4C merupakan 4 karakter belajar yang akan dirujuk pada abad 21. Empat keterampilan tersebut diantaranya adalah sebagai berikut.

1. *Communication*, artinya memahami dan berbagi ide. Menurut Bandura (dalam Warner & Kaur, 2017) interaksi dan dialog adalah komponen kunci pembelajaran dalam teori sosial belajar. Komunikasi yang efektif selalu merupakan keterampilan penting untuk sukses dalam berbagai bidang (Kivunja, 2015). Pentingnya pembelajaran yang melibatkan komunikasi timbal balik dapat membantu dalam mengkonstruksi pengetahuannya sendiri melalui komunikasi dan pengalaman yang dialaminya sendiri.
2. *Collaboration*, artinya keterampilan kerja tim, bekerja dalam kelompok, dan bekerja sama dengan orang lain (Kivunja, 2015: 228). Ketika diterapkan secara efektif, kolaborasi dapat memiliki efek positif yang signifikan pada orang-orang yang terlibat. Selain itu, melalui keterampilan ini, mahasiswa diharapkan dapat belajar tentang kerjasama tim, kepemimpinan, ketaatan pada otoritas, dan fleksibilitas dalam lingkungan kerja.
3. *Critical Thinking and Problem Solving*, artinya kemampuan individu untuk menggunakan sejumlah kognitifnya secara umum atau keterampilan pemrosesan yang sesuai ke dalam level pemikiran tingkat tinggi Bloom (1956) untuk menganalisis, mengevaluasi, dan membangun ide atau pembuatan baru. Proses disiplin intelektual yang secara aktif dan terampil mengkonseptualisasikan, menerapkan, menganalisis, mensintesis, dan / atau mengevaluasi informasi yang dikumpulkan dari, atau dihasilkan oleh,

observasi, pengalaman, refleksi, penalaran, atau komunikasi, sebagai panduan untuk keyakinan dan tindakan.

4. *Creativity and Innovation*, artinya setiap pembelajaran seyogyanya dapat membuat peserta didik berkreasi dan berinovasi. Peran seorang guru/dosen hanyalah sebagai fasilitator. Hal ini sesuai dengan definisi pembelajaran yaitu sebagai proses belajar yang dibangun oleh guru untuk mengembangkan kreativitas berfikir yang dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam mengkonstruksi pengetahuan baru sebagai upaya untuk meningkatkan penguasaan yang baik terhadap materi pelajaran (Wijaya, dkk, 2016: 270).

Keterampilan 4C yang telah disebutkan sebelumnya dapat dikembangkan melalui proses pembelajaran sains di kelas maupun kegiatan praktikum. Hofstein dan Lunetta (2003) menyatakan bahwa setidaknya terdapat empat alasan pentingnya kegiatan praktikum, yaitu: (1) praktikum dapat membangkitkan motivasi belajar sains, (2) Praktikum dapat mengembangkan keterampilan dasar bereksperimen, (3) Praktikum sebagai wahana belajar mengaplikasikan pendekatan ilmiah, (4) Praktikum dapat menunjang penguasaan materi pembelajaran. Tujuan utama praktikum fisika adalah meningkatkan pengetahuan fisika; mengembangkan kemampuan praktis; membangkitkan minat, mengembangkan pemikiran kreatif dan kemampuan pemecahan masalah; meningkatkan keterampilan berpikir ilmiah dan memberikan latihan dalam metode eksperimen (Deacon & Hajek, 2010). Kegiatan praktikum juga menawarkan pengalaman belajar yang kaya konteks, meningkatkan pemahaman konseptual, mengembangkan keterampilan praktis (Byers, 2002), serta merupakan cara terbaik dalam merefleksikan hakikat sains (Brewer, et al., 2009; Wenning, 2006).

BAB 3. JENIS PRAKTIKUM

Praktikum merupakan salah satu bagian penting dalam proses pembelajaran sains. Hal ini terlihat dalam kurikulum pembelajaran sains dan tak terkecuali kurikulum Indonesia. Dalam kurikulum pembelajaran sains terdapat tuntutan agar pembelajaran sains memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan kegiatan (Australian Curriculum, Assessment, and Reporting Authority, 2016; Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2016; Kementerian Pendidikan Nasional, 2006; Ministry of Education Singapore, 2013). Sejumlah penelitian tentang manfaat praktikum mengungkapkan bahwa praktikum bermanfaat untuk meningkatkan kognitif, afektif dan psikomotor. Secara implementasinya, bentuk kegiatan praktikum dapat dikategorikan berdasarkan bentuk kegiatannya yaitu rill laborator dan virtual labratori.

A. Real Laboratory

Real laboratory adalah eksperimen yang dilaksanakan dalam bentuk sebenarnya dengan menggunakan benda dan peralatan yang nyata. Hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan *real laboratory* adalah perencanaan yang matang, pelaksanaan yang cermat, dan diskusi yang terjadi harus kritis untuk membahas hasilnya.

Pelaksanaan eksperimen di sekolah, menurut Druxes (1986) perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut. Pertama, eksperimen harus dapat disusun menurut isi, maksud, dan dunia pengalaman belajar siswa. Kedua, eksperimen harus mudah dapat diwujudkan kembali (direproduksi), baik dalam penyusunannya, pelaksanaannya, maupun hasilnya. Ketiga, sedapat mungkin eksperimen dapat dilakukan oleh para siswa di rumah dan tidak berbahaya. Keempat, eksperimen di sekolah dengan kejutannya, harus dapat membantu menimbulkan keinginan besar dan membentuk kemampuan untuk melakukannya sendiri.

Menurut Adisyahputra *et al.* (1992) eksperimen memiliki beberapa kelebihan, yaitu: dapat membuat siswa lebih percaya atas kebenaran atau kesimpulan berdasarkan percobaannya sendiri daripada hanya menerima dari guru atau dari buku saja; dapat mengembangkan sikap untuk mengadakan studi eksplorasi tentang IPA dan teknologi; siswa terhindar dari *verbalisme*; memperkaya pengalaman siswa akan hal-hal yang bersifat objektif dan realistik; mengembangkan sikap berpikir ilmiah.

Namun, sebaliknya eksperimen juga memiliki beberapa keterbatasan, diantaranya: pelaksanaan eksperimen membutuhkan fasilitas, peralatan, dan

bahan yang tidak selalu mudah untuk diperoleh; dalam kehidupan sehari-hari tidak semua topik dapat dijadikan materi eksperimen, hal ini disebabkan ada batas-batas biaya, fasilitas, waktu, dan moral; setiap eksperimen tidak selalu memberikan hasil yang diharapkan, karena banyak faktor yang berada di luar jangkauan untuk dikontrol berpengaruh terhadap unit eksperimen.

Pelaksanaan kegiatan praktikum secara umum digambarkan sebagai aktivitas yang sistematis. Praktikum dengan skema real laboratory memberikan gambaran bahwa pelaksanaan kegiatan praktikum menggunakan peralatan dan fasilitas yang nyata. Pendefinisian laboratorium umumnya lebih mengarah kepada real laboratorium yang mana siswa melakukan kegiatan pengamatan, merangkai, dan mengumpulkan data menggunakan peragaan fisik. Merujuk pada pendekatan tersebut maka rill laboratorium dapat didefinisikan sebagai tempat riset ilmiah, eksperimen, pengukuran ataupun pelatihan ilmiah dilakukan. Laboratorium biasanya dibuat untuk memungkinkan dilakukannya kegiatan-kegiatan tersebut secara terkendali. Laboratorium ilmiah biasanya dibedakan menurut disiplin ilmunya, misalnya laboratorium fisika, laboratorium kimia, laboratorium biokimia, laboratorium komputer, dan laboratorium bahasa.

Berdasarkan Permenpan No. 3 tahun 2010, laboratorium diklasifikasikan menjadi tiga tipe laboratorium diantaranya:

1. Laboratorium Tipe I adalah laboratorium ilmu dasar yang terdapat di sekolah pada jenjang pendidikan menengah, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I dan II, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum untuk melayani kegiatan pendidikan siswa.
2. Laboratorium Tipe II adalah laboratorium ilmu dasar yang terdapat di perguruan tinggi tingkat persiapan (semester I, II), atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I dan II, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum untuk melayani kegiatan pendidikan mahasiswa
3. Laboratorium Tipe III adalah laboratorium bidang keilmuan terdapat di jurusan atau program studi, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I, II, dan III, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum dan khusus untuk melayani kegiatan pendidikan, dan penelitian mahasiswa dan dosen.
4. Laboratorium Tipe IV adalah laboratorium terpadu yang terdapat di pusat studi fakultas atau universitas, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I, II, dan III, dan bahan yang dikelola

adalah bahan kategori umum dan khusus untuk melayani kegiatan penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat, mahasiswa dan dosen.

Laboratorium sekolah sendiri memiliki pengecualian dan diatur secara tersendiri melalui PP No. 19 tahun 2005 dan Permendiknas No 24 tahun 2007. Berdasarkan penjabaran fungsinya, laboratorium sekolah memiliki beberapa fungsi yaitu:

- 1) Tempat pembelajaran IPA/sains dan memberikan keterampilan-keterampilan.
- 2) Tempat interaksi teman-teman baru, baik teori-teori maupun benda-benda teknologi baru dan keterampilan-keterampilan.
- 3) Tempat display atau pameran.
- 4) empat mempraktikkan dan membuktikan benar tidaknya (verifikasi) faktor-faktor gejala--gejala tertentu.
- 5) Tempat berlangsungnya kegiatan pembelajaran Biologi secara praktek yang memerlukan peralatan khusus.
- 6) Laboratorium sangat penting bagi pembelajaran IPA di sekolah karena banyak materi IPA khususnya Biologi yang harus di lakukan dengan kegiatan praktikum. Kegiatan laboratorium (praktikum) merupakan bagian integral dari kegiatan belajar mengajar Biologi.
- 7) Laboratorium merupakan tempat, gedung, ruang dengan segala macam peralatan yang diperlukan untuk kegiatan ilmiah, selain itu laboratorium merupakan sarana media di mana di lakukan kegiatan belajar mengajar Biologi terutama praktikum.

Berkaitan dengan peralatan pada rill laboratorium maka peralatan tersebut memiliki fisika mulai dari peralatan klasik maupun kegiatan yang sudah di modernisasi menjadi peralatan digital. Pada tahap ini siswa diberikan kesempatan untuk mencoba dan melakukan aktivitas yang melibatkan mayoritas indera mereka.

B. Virtual Laboratory

Menurut Setiawan (2009) *Virtual laboratory* atau *e-laboratory* merupakan bentuk digital dari fasilitas dan proses-proses laboratorium yang dapat disimulasikan secara digital. Simulasi dalam suatu multimedia diperlukan untuk beberapa kasus, diantaranya: (1) menirukan suatu keadaan nyata yang bila dihadirkan terlalu berbahaya, misalnya simulasi reaktor nuklir; (2) menirukan suatu keadaan nyata yang bila dihadirkan mahal, misalnya simulasi pesawat udara; (3) menirukan suatu keadaan yang sulit diulangi secara nyata, misalnya gempa bumi; (4) menirukan suatu keadaan yang jika dilakukan secara nyata memerlukan waktu yang lama, misalnya pertumbuhan pohon jati; (5) menirukan kondisi alam yang ekstrim, misalnya di kutub

Virtual laboratorium pada dasarnya merupakan modernisasi peralatan dan pelaksanaan kegiatan praktikum kedalam dunia maya. Berbeda dengan modernisasi peralatan pada rill laborator, virtual laboratory juga menekankan aspek aktivitas dan kegiatan praktikum dalam dunia maya. Virtual lab atau lebih dikenal dengan istilah vlab proses pembelajaran elektronik dengan menggunakan simulasi komputer. Vlab merupakan media yang digunakan untuk membantu memahami suatu pokok bahasan dan dapat mensolusi keterbatasan atau ketiadaan perangkat laboratorium.

Merujuk sejarah vlab pertama yang dipresentasikan untuk pertama kalinya pada tahun 1997 dengan judul Laboratorium Fisiologi Virtual. Pada saat itu fokus utama terletak pada pengembangan prakondisi teknologi penelitian fisiologis di abad ke-19. Sehingga database dengan teks dan gambar yang relevan telah dibuat. Pada tahun 1998, konsep yang saat ini masih digunakan diciptakan setelah serangkaian modifikasi, disusul dengan penerbitan cd-ROM pada tahun 1999. Perkembangan selanjutnya, fokus laboratorium virtual telah diperluas dari fisiologi ke ilmu hayati pada umumnya. Hal yang erupa juga terjadi pada bidang seni dan sastra, pendek kata, fokus virtual laboratorium merambah ke berbagai bidang ilmu pengetahuan baik pengetahuan alam, sosial, maupun budaya.

Beberapa manfaat yang dapat ditarik dari vlab adalah sebagai berikut:

1. Akses yang fleksibel.
Manfaat yang sering dikutip dari pembelajaran online adalah akses yang fleksibel. Hal ini mengingat dimana siswa dapat melakukan pembelajaran dengan nyaman dan fleksibel kapan para waktunya siswa belajar dengan sebaik-baiknya. Hal yang serupa juga berlaku berlaku untuk laboratorium virtual dimana peserta didik dapat melakukan eksperimen pada waktu yang ditentukan oleh siswa sendiri. Meskipun demikian, pemanfaatan vlab tidak hanya sebatas pada pembelajaran inlines saja, dalam beberapa kasus laboratorium virtual mungkin digunakan pada pembelajaran kelas reguler terutama untuk menangani permasalahan waktu dan ketesediaan peralatan..
2. Memungkinkan terdapat umpan balik langsung
Eksperimen yang dilakukan oleh siswa secara mandiri dan tanpa batas waktu memberikan kesempatan kepada mereka untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis. Semua hasil dicatat, membuat komunikasi antar guru dan siswa menjadi lebih efisien pula. Percobaan tidak lagi memiliki pilihan "satu kesempatan" dan siswa dapat menganalisis apa yang salah dan segera mencobanya kembali.
3. Perlengkapan kelas atas.
siswa yang menggunakan lab virtual memiliki akses ke teknologi mutakhir dalam hal eksperimen. Perusahaan yang membangun dan memelihara laboratorium virtual harus bersaing satu sama lain untuk

tetap berada di depan kemajuan teknologi dan meningkatkan kualitas pilihan bagi siswa. Dengan lab virtual, siswa tidak harus menyelesaikan peralatan usang namun mahal karena sekolah tidak mampu untuk menggantinya secara konsisten.

4. Biaya yang lebih rendah

Biaya yang terkait dengan penggunaan lab virtual namun biaya modal dan perawatan dikurangi secara drastis. Selain itu, pembiayaan yang dilakukan secara komoditi juga menjadi salah satu jawaban untuk mengatasi permasalahan keterbatasan laboratorium sekolah karena vlab dapat dengan mudah di duplikasi dan bisa digunakan secara banyak orang sekaligus.

Belajar dengan menggunakan media komputer menjadikan siswa aktif dalam belajar karena adanya pertanyaan-pertanyaan yang disertai dengan pernyataan penguatan. Motivasi siswa bertambah karena mereka lebih mudah mengikuti dan memahami materi yang diberikan. Latuheru (1988) mengungkapkan kelebihan komputer yaitu:

1. Bekerja dengan komputer sebagai sesuatu yang baru bagi siswa, menimbulkan motivasi bagi mereka untuk lebih menekuni materi yang disajikan.
2. Dengan adanya warna, musik, dan grafik yang dianimasi dapat menambahkan *realisme* dan merangsang siswa untuk mengadakan latihan-latihan kerja, kegiatan laboratorium, simulasi, dan sebagainya.
3. Kecepatannya dalam hal menanggapi respon siswa, justru merupakan sesuatu yang mengandung nilai-nilai penguatan (*reinforcement*).
4. Kemampuannya untuk mengingat secara cepat dan tepat, memungkinkan pekerjaan siswa yang lalu dapat dicatat dengan baik dan dapat digunakan untuk merencanakan langkah-langkah selanjutnya.
5. Andaikata komputer itu manusia, maka dapat digambarkan sebagai suatu pribadi yang sabar, sehingga dalam hal menggunakannya nampak suatu suasana tenang, aman, positif, dan tepat guna.
6. Kemampuan komputer dalam hal menyimpan dokumen secara aman, memungkinkan pengajaran individual dapat dijalankan dengan baik. Bagi guru, persiapan-persiapan dapat dijalankan dengan baik untuk semua siswa (khususnya bagi siswa-siswa yang berbakat) dan kemajuan mereka dapat dimonitor.
7. Jangkauan kontrol guru lebih luas dan banyak informasi dapat diperoleh; membantu guru mengadakan kontrol yang lebih ketat dan baik, tertuju pada bagian-bagian yang secara langsung merupakan kesulitan bagi siswa.

Disamping memiliki kelebihan, komputer sebagai media dalam pembelajaran juga memiliki kelemahan diantaranya: (1) tingginya biaya pengadaan dan pengembangan program komputer, terutama yang dirancang

khusus untuk maksud pembelajaran, (2) pengadaan, pemeliharaan, dan perawatan komponen komputer yang meliputi *hardware* dan *software* memerlukan biaya yang relatif tinggi untuk jangka pendek, (3) merancang dan memproduksi program pembelajaran berbasis komputer merupakan pekerjaan tidak mudah. Memproduksi program komputer merupakan kegiatan intensif yang memerlukan waktu banyak dan keahlian khusus. Penggunaan sebuah program komputer memerlukan perangkat keras dengan spesifikasi yang sesuai. Perangkat lunak sebuah komputer seringkali tidak dapat digunakan pada komputer yang spesifikasinya tidak sama.

Efisiensi yang lebih tinggi, biaya yang lebih rendah, peralatan yang lebih baik itu adalah empat keuntungan laboratorium virtual. Akan tetapi terdapat beberapa catatan yang perlu diperhatikan dalam penggunaan vlab. Hal utama yang perlu diperhatikan adalah kesan siswa dalam melaksanakan kegiatan praktikum yang mana siswa akan mendapat kesan dengan jelas ketika melakukan eksperimen sains dengan nyata (non virtual). Pemandangan, aroma dan suara reaksi biologi maupun kimia di tangan siswa sendiri akan menginternalisir pelajaran ke dalam diri peserta didik. Lebih dari itu, aspek keterampilan dalam memotong, mengukur, mencampurkan, merasakan (kalor, rasa, aroma) yang sangat diperlukan dalam menghadapi dunia nyata tidak mungkin tergantikan oleh eksperimen dengan laboratorium virtual. Padahal, aspek keterampilan ini juga hal yang harus dibangun pada peserta didik untuk menjadi keterampilan hidup (life skill).

Kenyataan yang dihadapi adalah eksperimen nyata (non virtual) melelahkan, dan menuntut sumber daya, namun bersamaan dengan itu, sangat diperlukan untuk mengembangkan keterampilan peserta didik yang sangat penting untuk menghadapi kehidupan riil. Bahkan dengan bekerja riil, mengamati, melakukan, menginterpretasi, mengelaborasi dll, karakter siswa juga dibangun.

Berikut ini adalah perbedaan antara praktikum riil laboratory dan virtual laboratory.

Table 2. Perbedaan Real dan Virtual Lab

Parameter	<i>Virtual laboratory</i>	<i>Real laboratory</i>
Konsep abstrak	Dapat digambarkan secara jelas melalui pemodelan	Tidak dapat digambarkan secara jelas
Proses pembelajaran	Selain dapat memahami konsep melalui percobaan, dapat juga mengembangkan keterampilan proses sains dan keterampilan berpikir tingkat tinggi	Dapat memahami konsep melalui percobaan dan mengembangkan keterampilan proses sains
Proses dan pelaksanaan percobaan	Siswa bekerja mandiri dan membutuhkan waktu yang lebih cepat	Siswa bekerja berkelompok dan membutuhkan waktu yang lebih lama
Mobilitas dan Jangkauan	Mobilitas dan jangkauan lebih luas tidak terbatas pada tempat dan waktu	Mobilitas dan jangkauan lebih sempit terbatas pada tempat dan waktu
Kemampuan psikomotorik	Kurang melatih kemampuan psikomotorik siswa	Dapat melatih kemampuan psikomotorik siswa
Aspek penilaian	Hanya dapat menilai kemampuan siswa dalam aspek kognitif dan keterampilan berpikir	Dapat menilai kemampuan siswa dalam aspek kognitif, afektif, psikomotorik, dan keterampilan berpikir
Biaya yang dibutuhkan	Membutuhkan biaya mahal sebagai investasi awal dalam membuat sebuah <i>software</i> pembelajaran (percobaan) tetapi biaya pemeliharaan dan pengadaan yang banyak lebih murah	Membutuhkan biaya yang mahal dalam hal membeli peralatan untuk percobaan begitu pula dengan biaya pemeliharaan dan pengadaan yang banyak lebih mahal

BAB 4. MODEL PRAKTIKUM VERIFIKASI

A. Pengantar

Cookbook Laboratory merupakan salah satu bentuk/disain praktikum yang dikembangkan di lembaga lembaga pendidikan. Hal ini karena dalam melaksanakan praktikum jenis ini seorang asisten laboratorium dapat dengan mudah memimpin dan mengawasi praktikum yang sedang dilaksanakan, dan juga praktikum jenis ini sangat mudah untuk dilaksanakan dalam skala besar/dengan jumlah peserta didik yang banyak (Lo, 2012). Cookbook sendiri berasal dari pengistilahan buku resep yang biasa dipakai untuk panduan memasak, hal ini kemudian diadopsi menjadi salah satu bentuk praktikum yang memang praktikan diarahkan untuk melaksanakan praktikum sesuai dengan petunjuk yang telah disediakan. Dan pada kenyataannya-pun praktikan hanya melakukan apa yang telah dituliskan, praktikan harus menyelesaikan eksperimen dalam waktu yang telah ditetapkan dan harus memperoleh hasil yang diharapkan (sesuai yang tertulis di buku petunjuk praktikum) (Kirschner & Meester, 1988).

Hao-Chang Lo (2012) menjelaskan bahwa ada beberapa keuntungan dari praktikum model cookbook yaitu :

- 1) Langkah kegiatan terstruktur sehingga dapat disimpulkan bahwa praktikan sudah mengetahui apa yang harus dilakukan terlebih dahulu
- 2) Mudah dilakukan dan diawasi saat praktikan berjumlah besar
- 3) Lebih hemat dari segi bahan yang digunakan karena praktikan cukup mengambil jumlah yang dibutuhkan pada percobaan.
- 4) Lebih efektif karena tidak memakan waktu yang banyak.

Pada pelaksanaannya, model praktikum cookbook laboratory juga terdapat beberapa kelemahan diantaranya yang disampaikan oleh Christian Bertsch (2014):

- 1) Banyak ditemukan pada kelas berbasis sains seperti fisika yang mana praktikum yang dijalankan hanya membuktikan persamaan dan konsep sederhana yang berasal dari buku.
- 2) Berdasarkan langkah langkah percobaan yang dihadirkan, praktikum dengan model ini cenderung dengan level intelegensi yang minim artinya praktikan tidak dibiarkan untuk berfikir tentang apa yang mereka lakukan sehingga terkesan seperti robot.

- 3) Kebanyakan peserta didik akan berbicara tentang variabel variabel yang konstan sehingga mereka tidak akan menemukan kesalahan kesalahan dalam prosedur dan hasil yang terlalu jauh.

Kirschner & Meester menambahkan bahwa praktikum ini akan menghilangkan eksistensi dari sikap ilmiah praktikan karena pengamatan yang mereka lakukan dikendalikan oleh konsep yang awalnya sudah diberikan. (Kirschner & Meester, 1988)

B. Karakteristik

Kirschner dalam *The Laboratory in higher science education: Problems, premises, and objective* menjelaskan beberapa karakteristik dari praktikum model cookbook sebagai berikut :

Table 3. Karakteristik Praktikum Verifikasi

No	Karakteristik
1	Dilakukan setelah proses pembelajaran tatap muka di kelas
2	Praktikum menggunakan peralatan yang tersedia di laboratorium
3	Berorientasi pada kegiatan pembuktian besaran, konstanta, ataupun koefisien fisika yang sebelumnya telah dipelajari pada saat tatap muka
4	Rangkaian kegiatan dan sintak eksperimen terperinci
5	Siswa melaksanakan kegiatan praktikum sesuai dengan petunjuk yang dimiliki tanpa melakukan improvisasi
6	Aktivitas siswa berfokus pada verifikasi informasi yang telah di bahas di kelas
7	Kegiatan praktikum sangat berorientasi pada pengumpulan dan interpretasi data numerik
8	Pelaksanaan kegiatan praktikum minim komunikasi atau hanya bersifat satu arah dari guru ke siswa sebagai kreksi dan arahan kegiatan yang dirancang
9	Belum mengoptimalkan siklus belajar seperti observasi, generalisasi, dan aplikasi/implementasi
10	Data yang dikumpulkan siswa sudah ditentukan dan tersedia tabel pengamatan di LKS
11	Siswa sudah diberitahu dan dijelaskan mengenai data yang akan dikumpulkan
12	Siswa tidak diminta untuk mendesain prosedur
13	Peningkatan kemampuan komunikasi hanya terjadi pada saat siswa melaporkan kegiatan praktikum melalui laporan tertulis kepada instruktur
14	Kegiatan praktikum berorientasi pada penyelesaian tugas

No	Karakteristik
15	Siswa tidak dilatih untuk berpikir holistik (tidak adanya proses prediksi)
16	Kegiatan praktikum belum menerapkan asas induktif untuk membangun pengetahuan
17	Siswa diberitahu mengenai variabel peubah dimana variabel bebas dan variabel terikat sudah diberitahu dari awal kegiatan praktikum.
18	Set up praktikum digambarkan secara mendetail pada LKS
19	Analisis dan sintesis data diarahkan melalui LKS
20	Kegiatan praktikum baru sekedar melatih kemampuan berpikir tingkat rendah
21	Alokasi waktu praktikum mayoritas terserap untuk memahami petunjuk praktikum saja
22	Siswa telah mengetahui kesimpulan sebelum melaksanakan kegiatan praktikum
23	Kegiatan praktikum tidak didasarkan pada penanaman kemampuan berpikir ataupun prosedural
24	Beranjak dari hal yang abstrak menuju hal yang konkret

C. Panduan Praktikum (LKS)

1. Judul Praktikum

Pada praktikum verifikasi, judul praktikum menjadi bagian tersendiri terkait pelaksanaan kegiatan praktikum. Judul mendeskripsikan kegiatan praktikum yang sedang dilaksanakan yang biasanya dikaitkan dengan konsep ataupun hubungan antar konsep dalam fisika. Judul praktikum juga biasanya dikaitkan dengan besaran-besaran yang dipelajari. Beberapa judul praktikum juga ditampilkan sebagai kelompok pembahasan fisika. Sebagai contoh, judul praktikum verifikasi adalah “Praktikum Hukum OHM”, “Praktikum Konstanta Pegas”, “Praktikum Osilasi” dan sebagainya.

2. Tujuan Praktikum

Setelah mendefinisikan judul praktikum, selanjutnya dilakukan identifikasi tujuan praktikum. Tujuan praktikum pada kegiatan praktikum verifikasi merupakan target dan capaian yang ingin diperoleh selama melaksanakan kegiatan praktikum. Biasanya tujuan praktikum berkaitan dengan identifikasi variabel dan besaran dalam praktikum. Sebagai contoh tujuan praktikum verifikasi adalah “Menganalisis pengaruh panjang tali terhadap periode”, “membuktikan nilai konstanta gravitasi”, “menganalisis pengaruh susunan rangkaian pegas terhadap konstanta pegas”, dan lain sebagainya.

3. Alat, Bahan, dan Rangkaian Percobaan

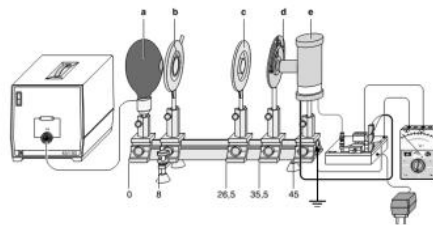
Alat dan bahan pada praktikum verifikasi biasanya sudah ditentukan. Siswa hanya perlu mengambil dan mempelajari karakteristik serta cara penggunaan dari peralatan tersebut. Selain itu LKS verifikasi juga menunjukkan jumlah peralatan dan bahan yang dibutuhkan untuk melaksanakan kegiatan praktikum. Sebagai contoh, tabel alat dan bahan pada praktikum verifikasi adalah sebagai berikut:

D. ALAT DAN BAHAN

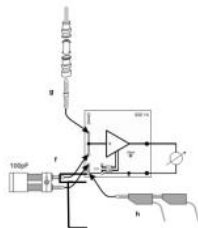
1. Sistem peralatan Milikan (Leybold 55941)
2. Power supply (Leybold 55941)
3. Minyak pengisi
4. Stopwatch
5. Kabel penghubung

Gambar 7. Alat dan Bahan pada LKS verifikasi

Selain alat dan bahan, LKS verifikasi juga menyertakan gambar rangkaian yang harus disusun oleh siswa untuk mendapatkan data. Berikut adalah contoh gambar rangkaian yang disajikan dalam LKS verifikasi.



Gambar 1. *Planck Constant Measuring*



Gambar 2. Susunan *Amplifier* Untuk Mengukur Batas Tegangan

Gambar 8. Rangkaian Percobaan Pada LKS Verifikasi

Terlihat bahwasanya pada praktikum verifikasi rangkaian praktikum dijelaskan secara spesifik sehingga siswa hanya perlu merangkai sebagaimana gambar yang disajikan dalam LKS.

4. Landasan Teori

Landasan teori merupakan studi literatur yang menyajikan paparan konsep, teori, dan hukum yang berkaitan dengan kegiatan praktikum. Paparan konsep yang disajikan dalam LKS merujuk pada perhitungan yang akan dilakukan oleh siswa untuk mendapatkan besaran yang dicari. Selain itu, landasan teori juga dijadikan sebagai faktor perujuk dalam melaksanakan kegiatan praktikum. Sebagai contoh untuk melakukan percobaan mengenai polarimeter dan refraktometer, berikut adalah landasan teori yang terdapat dalam LKS verifikasi:

B. DASAR TEORI

Refraktometer merupakan peralatan yang berfungsi untuk mengidentifikasi indeks bias suatu larutan. Dengan memanfaatkan sifat pembiasan pada zat cair, refraktor mampu mengidentifikasi nilai indeks bias suatu zat menggunakan arah dan besar sudut yang dibelokkan dari cahaya yang diberikan. Pada refraktometer, nilai indeks bias dapat langsung diperoleh dengan mengamati skala yang ditunjukkan pada refraktometer.

Polarisasi merupakan sifat dari beberapa jenis gelombang yang menggambarkan orientasi osilasinya. Gelombang elektromagnetik, seperti cahaya, dan gelombang gravitasi memiliki polarisasi. Untuk cahaya putih (cahaya polikromatik) yang terdiri dari berbagai panjang gelombang yang dapat bervibrasi kesegala arah, dapat diubah menjadi cahaya monokromatik (hanya terdiri dari satu panjang gelombang) dengan menggunakan suatu filter atau sumber cahaya yang khusus. Cahaya monokromatik ini disebut cahaya terpolarisasi.

Rotasi optis yang diamati/diukur dari suatu larutan bergantung kepada jumlah senyawa dalam tabung sampel, panjang jalan/larutan yang dilalui cahaya, temperature pengukuran, dan panjang gelombang cahaya yang digunakan. Untuk mengukur rotasi optik, diperlukan suatu besaran yang disebut rotasi spesifik yang diartikan suatu rotasi optik yang terjadi bila cahaya terpolarisasi melewati larutan dengan konsentrasi 1 gram per mililiter sepanjang 1 desimeter. Rotasi spesifik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$[\alpha]_{\lambda}^T = \frac{\alpha}{Cl}$$

dimana :

α = rotasi optik ($^{\circ}$), C = konsentrasi larutan (gram/mL), l = panjang jalan/larutan yang dilalui cahaya (dm), λ = Panjang gelombang cahaya (bila menggunakan lampu natrium dan dilambangkan dengan "D"), t = temperature ($^{\circ}$ C)

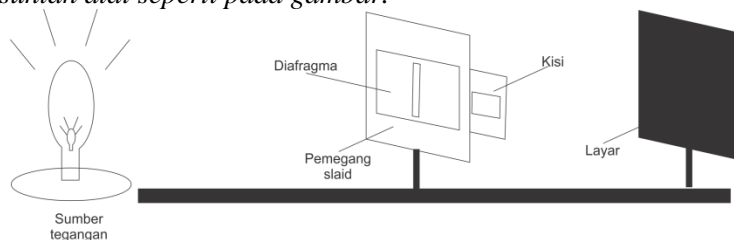
Catatan: Nilai α merupakan selisih sudut yang terbaca dengan zero point ($\alpha_2 - \alpha_1$).

5. Prosedur Praktikum

Prosedur praktikum merupakan petunjuk atau langkah-langkah kegiatan yang harus dilakukan oleh siswa untuk mendapatkan data. Pada praktikum verifikasi prosedur disajikan secara mendetail sehingga siswa hanya perlu mengikuti arahan yang disediakan maka akan mendapatkan hasil yang sesuai dengan harapan. Prosedur praktikum seperti ini memiliki nama lain yaitu cookbook dimana siswa seolah-olah sedang membaca buku pedoman memasak yang mana jika siswa tidak mengikuti langkah dan arahan dari buku tersebut secara otomatis akan mendapatkan hasil yang berbeda. Berikut ini adalah contoh prosedur percobaan yang terdapat dalam praktikum verifikasi.

C. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Susunlah alat seperti pada gambar.



2. Ukurlah jarak antara kisi dan layar dan catatlah hasilnya (L).
3. Amati spektrum cahaya lewat kisi dan catatlah jarak antara celah dan garis spektrum warna merah sampai ungu untuk orde ke-satu ($n = 1$)
4. Catatlah harga tetapan kisi (d) yang digunakan berdasarkan keterangan yang terdapat pada kisi.
5. Ulangi langkah 3 dan 4 untuk harga d (tetapan kisi) yang lain.

Catatan : Berdasarkan persamaan di atas dan skema gambar percobaan maka panjang gelombang cahaya salah satu spektrum cahaya dapat ditentukan dengan persamaan

$$n\lambda = \frac{pd}{\sqrt{p^2 + L^2}}$$

6. Tabel Pengamatan

Tabel pengamatan merupakan bagian penting dalam menyusun data praktikum. Tabel pengamatan memiliki beberapa fungsi diantaranya sebagai acuan dan rujukan menuliskan data, sebagai rekap data mentah dan menentukan variabel bebas dan variabel terikat. Tabel pengamatan yang lengkap akan memudahkan praktikan untuk mengumpulkan data. Idealnya tabel data pengamatan disusun oleh praktikan sebagai analisis variabel praktikum, akan tetapi pada LKS verifikasi tabel data pengamatan digambarkan dan disajikan secara detail sehingga siswa tinggal menuliskan data pengamatan saja. Berikut adalah contoh tabel data pengamatan LKS verifikasi.

<i>Larutan</i>	<i>t (s)</i>	<i>T (C)</i>	<i>n</i>	<i>[a]</i>	<i>Larutan</i>	<i>t (s)</i>	<i>T (C)</i>	<i>n</i>
5%		27,00	1,3290	62,7			28,03	
		27,00		58,425			28,07	
		27,00		61,75			28,12	
10%		27,00	1,3360	89,55			28,16	
		27,00		78,075			28,20	
		27,00		68,625			28,25	
		29,00		66,6			28,29	
15%		27,00	1,3435	86,1333			28,33	
		27,00		82,1667	25%		28,38	1,3600
		27,20		82,1667			28,42	
		27,20		85,425			28,47	
		27,40		86,1111			28,51	
		27,00		89,4444			28,60	
		27,40		87,2222			28,64	
		27,60		82,7778			28,68	
		27,60		91,1111			28,73	
		28,20		79,4444			28,77	
		28,00		80,1389			28,81	
		29,00		76,5278			28,86	
		29,00		73,8889			28,90	
20%		27,00	1,3510	88,6			28,95	
		27,00		84,2			28,99	

7. Tugas Praktikum/Analisis

Salah satu ciri dari praktikum verifikasi adalah terdapatnya tugas praktikum. Tugas praktikum terbagi menjadi tugas pra eksperimen dan pasca

eksperimen. Tugas pra eksperimen biasanya mengarah pada pembuktian persamaan, identifikasi besaran, dan penelusuran mengenai langkah teknis pengambilan data. Sedangkan tugas pasca eksperimen mengarah pada pertanyaan-pertanyaan yang hasilnya merupakan bagian dari analisis data. Sebagai contoh, berikut adalah bentuk pertanyaan pra dan pasca eksperimen.

Pertanyaan Pre Eksperimen

1. *Jelaskan bagaimana prinsip kerja polarimeter?*
2. *Jelaskan bagaimana prinsip kerja refraktometer?*
3. *Apakah semua larutan dapat mempolarisasikan (merotasi) cahaya? Mengapa larutan tersebut dapat mempolarisasi (rotasi) cahaya?*
4. *Jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi indeks bias suatu zat cair!*
5. *Sebutkan dan jelaskan fungsi komponen penyusun polarimeter!*
6. *Sebutkan dan jelaskan fungsi komponen penyusun refraktometer!*
7. *Bagaimana cara mengkalibrasi refraktometer?*
8. *Bagaimana cara mengkalibrasi polarimeter?*
9. *Buktikan persamaan yang menghubungkan hasil pengukuran pada polarimeter dan refraktometer!*

Pertanyaan Pasca Eksperimen

1. *Tentukan panjang gelombang cahaya untuk setiap spektrum pada orde pertama.*
2. *Tentukan frekuensi gelombang cahaya tersebut untuk setiap spektrum.*
3. *Bagaimana proses terjadinya difraksi menggunakan kisi?*
4. *Bagaimana hubungan antara panjang gelombang cahaya dengan jarak terang pusat ke setiap spektrum?*
5. *Bagaimana hubungan antara konstanta kisi dengan jarak terang pusat ke setiap spektrum?*
6. *Bagaimana hubungan antara panjang gelombang cahaya dengan frekuensi?*

8. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan bagian akhir tahapan kegiatan praktikum verifikasi. Kesimpulan disusun berdasarkan analisis mendalam terkait hasil percobaan. Kesimpulan juga berisikan kaitan antara hasil temuan dengan pertanyaan eksperimen dan tujuan praktikum. Berikut adalah contoh kesimpulan yang diberikan berdasarkan hasil eksperimen.

KESIMPULAN

Taraf intensitas adalah tingkat kebisingan pada sumber bunyi dengan jarak dan banyak sumber bunyi sebagai faktor yang mempengaruhi nilai

taraf intensitas. Semakin dekat jarak pada sumber maka semakin besar taraf intensitas diperoleh, begitupun sebaliknya. Kemudian, semakin banyak jumlah sumber bunyi, maka semakin besar nilai taraf intensitas dengan pengukuran pada jarak yang konstan, begitupun sebaliknya.

9. Daftar Pustaka

Daftar pustaka merupakan daftar rujukan yang digunakan dalam menyusun laporan praktikum. Sebagai salah satu karya ilmiah, laporan praktikum sudah seharusnya melampirkan daftar pustaka di bagian akhir karya tulis. Hal ini bertujuan untuk menghindari plagiarisme dan menghormati hasil eksperimen orang lain yang serupa dengan yang sedang dilakukan. Penulisan daftar pustaka sendiri beragam dan harus mengikuti ketentuan yang disepakati.

D. Contoh

MODUL VERIFIKASI

TEGANGAN PERMUKAAN

A. TUJUAN

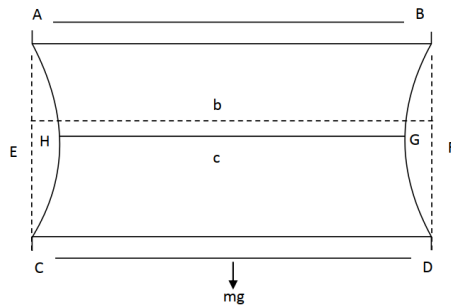
1. Menjelaskan berbagai macam gaya yang terdapat pada permukaan zat cair
2. Menentukan besar tegangan permukaan zat cair

B. ALAT DAN BAHAN

1. Air sabun
2. Benang
3. Kertas milimeter
4. Dua buah batang gelas yang sama panjang
5. Neraca
6. Termometer

C. LANDASAN TEORI

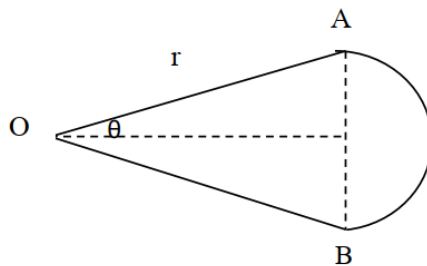
Dua buah batang gelas AB dan CD dibuat sama panjangnya dan saling dihubungkan dengan dua benang AC dan BD seperti gambar sebagai berikut:



Jika kedua batang gelas yang telah dihubungkan dengan benang dicelupkan ke dalam air sabun maka setelah diangkat, terjadi selaput antara ABCD, dimana AC dan BD tidak tegak lurus. Lihat kedudukan benang sebelum dicelupkan yaitu A-E-C dan B-F-D sedangkan kedudukan setelah dicelupkan adalah A-H-C dan D-G-B. dengan meletakkan kertas millimeter di belakang selaput secara vertikal, maka yang terjadi adalah bagian terkecil H-G dapat diukur dan setelah selaput dipecahkan, E-F dapat dibaca.

Misalkan tegangan tali pada H dan A adalah Dyne. Massa benang dan selaput CD dapat diabaikan. Berat dari sistem di bawah garis horizontal E-F adalah mg , gaya ini ditahan oleh tegangan tali dan tegangan selaput.

$$2N + 2\gamma HG = mg \dots \dots \dots (1)$$



Misalkan A dan B merupakan dua buah titik yang berdekatan pada salah satu tali, jari-jari lengkungan dari garis lengkung AB adalah r dan sudut yang dibentuk antara AB dan pusat lengkungan adalah θ . Lihat gambar 2.

Garis lengkung $AB = r\theta$. Karena berat benang dapat diabaikan dan tegangan selaput sabun selalu tegak lurus benang, maka gaya normal N untuk sembarang tempat pada benang adalah tetap. Tegangan pada benang sepanjang AB adalah $N \sin \theta$ yang sebanding dengan tegangan permukaan sabun sepanjang AB yang besarnya $2 \gamma AB$ (arahnya dari O ke A). Jadi,

$$N \sin \theta = 2\gamma AB \dots \dots \dots (2)$$

Untuk θ yang kecil

$$N = 2\gamma r \dots \dots \dots (3)$$

Karena N konstan, maka r juga konstan, Jadi AC dan BD (lihat gambar 1) setelah terjadi selaput sabun membentuk lingkaran. Dengan

mensubstitusikan persamaan (3) pada persamaan (1) dan bila jarak G-H diketahui adalah c , maka persamaan (1) dapat dituliskan

$$4\gamma r + 2\gamma c = mg \dots \dots \dots (4)$$

Dimana r adalah

$$r = \frac{L^2}{4(b-c)} + \frac{1}{4}(b-c) \dots \dots \dots (5)$$

Dimana L adalah jarak lurus AC pada saat terjadi selaput. Dengan demikian:

$$\gamma = \frac{mg}{2(c+2r)}$$

D. TUGAS PENDAHULUAN

1. Jelaskan mengapa silet dapat terapung di atas permukaan air?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Jelaskan perbedaan mekanisme pertambahan luas permukaan antar selaput sabun yang diregangkan dengan karet yang ditarik.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

E. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Timbanglah massa batang gelas kaca sebanyak 5 kali dan catat hasilnya.
2. Hubungkan dua batang gelas yang sama panjangnya dengan dua utas benang seperti gambar 1, dengan panjang benang 4 kali jarak ikatan pada batang kaca.
3. Ukurlah jarak antara kedua benang dengan bantuan kertas millimeter.
4. Celupkan kedua batang gelas kaca yang telah dihubungkan dengan benang pada sabun, lalu angkatlah batang kaca tersebut dengan memegang salah satu batang kaca tersebut dan dekatkanlah pada kertas millimeter yang tersedia.

5. Aturlah agar jarak antara kedua lengan serta jarak antara kedua batang kaca yang terjadi dapat diukur dengan teliti. Catatlah hasil pengukurannya.
6. Lakukan langkah percobaan ke 2 sampai ke 5 dengan mengganti panjang benang (lebih panjang dari percobaan sebelumnya) sebanyak 3 kali perubahan.
7. Gantilah air sabun yang telah dipergunakan dengan air sabun baru (air sabun dingin dan air sabun hangat). Kemudian ulangi langkah percobaan ke 2 sampai 6.
8. Jangan lupa mencatat temperature tiap kali sebelum dan sesudah percobaan.

F. TUGAS AKHIR

1. Tentukan besar tegangan permukaan larutan sabun yang digunakan untuk masing-masing larutan yang dicobakan.

.....

2. Jelaskan apakah tegangan permukaan tergantung pada tekanan dan temperatur?

.....

G. DAFTAR PUSTAKA

Haliday, Resnick. 2011. *Fundamentals of Physics* 9th Edition. USA: John Wiley&Sons

Tipler, Paul .2004. *Physics for Scientists and Engineers: Mechanics, Oscillations and Waves, Thermodynamics* (5th ed. ed.). W. H. Freeman.

Giancoli, Douglas C. 2001. *FISIKA Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta: Erlangga

Young, Hugh D and Freedman Roger A. 2002. *FISIKA UNIVERSITAS Edisi Kesepuluh Jilid 1*. Jakarta: Erlangga
Jewett, Serwey. 2010. *FISIKA untuk Sains dan Teknik Edisi Keenam*. Jakarta: Salemba Teknika

RANGKAIAN SERI PARALEL DAN JEMBATAN WHEATSTONE

A. TUJUAN

1. Menentukan nilai resistansi berdasarkan kode warna dan pengukuran dengan multimeter.
2. Membandingkan besar arus dan beda potensial pada masing-masing resistor dalam rangkaian seri dan rangkaian paralel.
3. Menentukan besarnya hambatan yang belum diketahui dengan jembatan Wheatstone

B. ALAT- ALAT DAN BAHAN

1. Catu daya
2. Kabel penghubung
3. Multimeter analog
4. Galvanometer
5. Resistor
6. Rangkaian Jembatan Wheatstone (beserta kontak geser)

C. TEORI

Hambatan listrik merupakan karakteristik suatu bahan penghantar listrik/ konduktor yang dapat digunakan untuk mengatur besarnya arus listrik yang melewati suatu rangkaian. Hambatan atau resistor dapat disusun secara seri maupun paralel, disesuaikan dengan kebutuhan. Resistansi ekuivalen sekumpulan resistor yang disusun secara seri sama dengan penjumlahan resistansi-resistansinya:

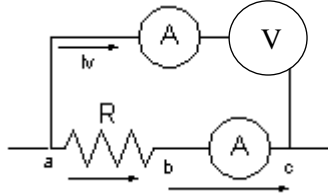
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (1)$$

Untuk sekumpulan resistor yang disusun secara paralel, kebalikan resistansi ekuivalen sama dengan penjumlahan dari resistansi kebalikan masing-masing.

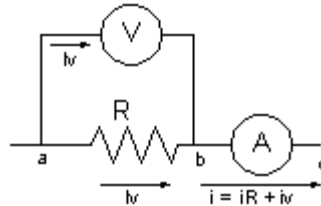
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (2)$$

Secara umum untuk mengetahui hambatan suatu komponen kita tidak dapat mengukurnya secara langsung, umumnya dengan cara

mengukur secara serentak tegangan jepit dan arus listrik yang terukur yang melalui komponen dan membandingkannya ($R = \frac{V}{I}$). Ada dua macam cara yang biasanya dilakukan, seperti tercantum pada gambar (1) dan gambar (2) di bawah ini.



Gambar 1. Pengukuran Arus dan Tegangan dengan Cara 1



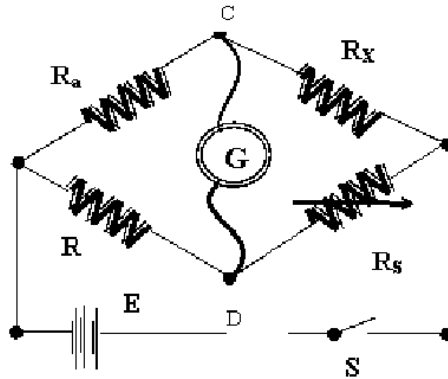
Gambar 2. Pengukuran Arus dan Tegangan dengan Cara 2

Pada gambar 1 amperemeter A mengukur arus iR yang melalui hambatan R, tetapi voltmeter V menunjukkan pembacaan beda potensial V_{ac} dan bukan beda potensial V_{bc} yaitu beda potensial yang sebenarnya dari ujung-ujung hambatan R.

Cara pengukuran hambatan R dengan rangkaian gambar 1 hanya akan memberikan nilai R yang sebenarnya yaitu perbandingan dari V_{ac} dan iR jika hambatan dalam dari amperemeter R_a sama dengan nol. Jika, $R_a \neq 0$ yang diperoleh dari hasil bagi V_{ac} dan iR harus dikoreksi.

Pada rangkaian gambar 2 voltmeter V menunjukkan pembacaan beda potensial V_{ab} dari ujung-ujung R, tetapi amperemeter A menunjukkan pembacaan arus i dimana $i = iR + iV$ yaitu iR arus yang melalui R dan iV arus yang melalui voltmeter V. Nilai R yang sebenarnya adalah V_{ab} dibagi dengan iR tetapi karena yang ditunjukkan oleh amperemeter ialah i , nilai R yang diperoleh dari pembacaan pada voltmeter V dan amperemeter A harus dikoreksi untuk memperoleh nilai R yang sebenarnya.

Cara lain untuk mengukur besar hambatan listrik yang belum diketahui ialah metoda "Jembatan Wheatstone". Mengukur besarnya hambatan listrik yang belum diketahui dengan metoda "Jembatan Wheatstone" pada dasarnya ialah membandingkan besar hambatan yang belum diketahui dengan besar hambatan listrik yang sudah diketahui nilainya. Metode jembatan wheatstone ini tidak memerlukan alat ukur voltmeter dan amperemeter. Cukup Galvanometer untuk melihat apakah ada arus listrik yang melalui suatu rangkaian. Prinsip rangkaian jembatan wheatstone diperlihatkan pada gambar 3



Gambar 3. Prinsip Rangkaian Jembatan Wheatstone

Keterangan Gambar :

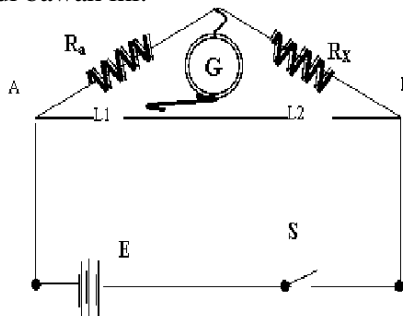
- S : Saklar penghubung
- G : Galvanometer
- E : Sumber tegangan arus
- R_s : Hambatan geser
- R_a dan R_b : Hambatan yang sudah di ketahui nilainya.
- R_x : Hambatan yang akan di tentukan nilainya.

Saat saklar S di tutup, maka arus akan melewati rangkaian. Jika jarum Galvanometer menyimpang artinya ada arus yang melewatinya, yaitu antara titik C dan D ada beda potensial. Dengan mengatur besarnya R_a dan R_b juga hambatan geser R_s akan dapat dicapai galvanometer G tak teraliri arus, artinya tak ada beda potensial antara titik C dan D.

Dengan demikian akan berlaku persamaan:

$$R_x = \frac{R_a}{R_b} R_s \quad (3)$$

Untuk menyederhanakan rangkaian dan untuk menghubungkan besarnya R bergantung pada panjang penghantar, maka rangkaian jembatan Wheatstone dapat di ubah menggunakan kawat penghantar seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4. Rangkaian Jembatan Wheatstone yang Disederhanakan

Pada kawat penghantar AB di berikan suatu kontak geser yang berasal dari ujung Galvanometer. Gunanya untuk mengatur agar tercapai pengukuran panjang L_1 dan L_2 yang akan menghasilkan arus di Galvanometer sama dengan NOL. Oleh karena itu pada kawat AB perlu di lengkapi skala ukuran panjang.

Dari hal di atas didapat persamaan sebagai berikut:

$$R_x = \frac{L_2}{L_1} R_a \quad (4)$$

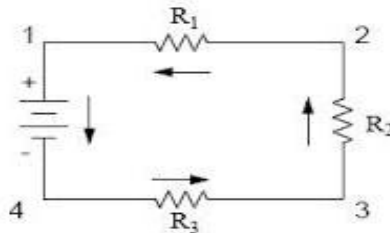
D. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Hambatan Seri dan Paralel

- Persiapkan peralatan atau komponen sesuai dengan daftar alat/bahan
- Hitung nilai resistansi berdasarkan cincin warna

Rangkaian seri

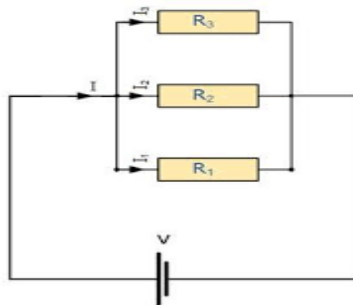
- Susun alat seperti pada gambar



- Gunakan satu buah multimeter sebagai voltmeter DC dan ammeter DC
- Ukur arus pada masing-masing resistor dan arus total
- Ukurlah tegangan pada masing-masing resistor dan tegangan total

Rangkaian paralel

- Susun alat seperti pada gambar



- Gunakan satu buah multimeter sebagai voltmeter DC dan ammeter DC
- Ukur arus pada masing-masing resistor dan arus total
- Ukurlah tegangan pada masing-masing resistor dan tegangan total

2. Jembatan Wheatstone

- a. Susun rangkaian seperti pada gambar 4. Setelah rangkaian yang anda susun disetujui asisten, hubungkan catu daya ke jaringan PLN
- b. Tempatkan kontak geser ditengah tengah kawat hambatan
- c. ON kan posisi saklar catu daya
- d. Geser kontak gesernya sehingga arus yang melalui galvanometer menjadi nol
- e. Catat harga L_1 dan L_2
- f. Ubah posisi polaritas catu daya dan Ulangi langkah b-e
- g. Ulangi langkah nomor a-f untuk R_a yang berbeda
- h. Ulangi langkah nomor a-g untuk R_x yang berbeda.

E. PERHITUNGAN DAN TUGAS

- 1. Bandingkan nilai resistansi berdasarkan kode warna dan hasil pengukuran!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

- 2. Hitunglah besar arus pada rangkaian seri dan paralel dengan persamaan yang ada. Bandingkan hasilnya dengan pengamatan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

- 3. Hitunglah besar tegangan pada rangkaian seri dan paralel dengan persamaan yang ada. Bandingkan hasilnya dengan pengamatan!

.....
.....

.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Buatlah grafik hubungan antara tegangan dan arus berdasarkan percobaan dan perhitungan!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. Tuliskanlah prinsip-prinsip penting dari percobaan rangkaian seri dan paralel ini!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

6. Tuliskanlah fungsi resistor dirangkakan secara seri dan dirangkakan secara paralel!

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....
7. Berapakah nilai hambatan tunggal yang anda peroleh dari percobaan Jembatan Wheatstone? samakah dengan yang dapat dibaca dari kode warna hambatan? Mengapa demikian?
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....
8. Apakah terjadi perbedaan nilai L_1 dan L_2 ketika polaritas catu daya diubah? Mengapa demikian?
.....
.....
.....
.....
.....
.....

F. DAFTAR PUSTAKA

Haliday, Resnick. 2011. Fundamentals of Physics 9th Edition. USA: John Wiley&Sons
Tipler, Paul .2004. *Physics for Scientists and Engineers: Mechanics, Oscillations and Waves, Thermodynamics* (5th ed. ed.). W. H. Freeman.

BAB 5. MODEL PRAKTIKUM INKUIRI

A. Pengantar

Pembelajaran Inkuiri merupakan pembelajaran yang mampu menempatkan peserta didik menjadi seorang ilmuwan yang berupaya untuk memahami alam sebagai aplikasi sains dan memberikan penjelasan akan apa yang mereka amati. Dalam inkuiri siswa diajak untuk berpikir lebih sehingga dapat membangun sikap produktif, analitis dan kritis (Rakhmawan, Setiabudi, & Mudzakkir, JPPI, 2015).

Carl J. Wenning (2005) dalam jurnalnya “Levels of Inquiry: Using inquiry spectrum learning sequences to teach science” memperkenalkan sebuah model pembelajaran berbasis inkuiri yang dikenal dengan model pembelajaran Hierarki of Inquiry atau level kegiatan inkuiri. Wenning mengelompokkan kesulitan menerapkan inkuiri dalam lima level, antara lain:

- a. *discover learning*,
- b. *interactive demonstration*,
- c. *inquiry lesson*,
- d. *inquiry lab* dan
- e. *hypothetical inquiry*

Didalam jurnal (Karyatin, 2013) dijelaskan bahwa terdapat beberapa keuntungan/kelebihan dari penggunaan eksperimen model inkuiri diantaranya adalah:

1. Siswa dapat terlibat secara langsung dalam kegiatan laboratorium tersebut
2. berpotensi untuk membangun konsep belajar siswa
3. Meningkatkan pemahaman konseptual, dan
4. Meningkatkan pemahaman tentang sifat Ilmu Pengetahuan Alam (IPA).

Chita dkk pada tahun 2015 juga menambahkan kelebihan dari inkuiri lab diantaranya :

- 1) Siswa lebih aktif mencari informasi sendiri melalui observasi, eksperimen aktif berdiskusi dan bertukar pendapat untuk membuktikan teori/fakta tentang materi yang dipelajari.
- 2) Siswa di tuntut untuk bisa membuat prediksi dari sebuah persoalan fisika sehari-hari serta mengobservasinya.
- 3) Menumbuhkan rasa keingintahuan yang lebih besar pada diri siswa sehingga siswa tertarik untuk melakukan eksperimen
- 4) Siswa akan lebih percaya pada suatu kebenaran teori/fakta dari pada hanya diperoleh dari membaca saja.

Menurut Chika dkk tahun 2015 terdapat beberapa kekurangan dari model inquiry laboratory diantaranya :

- 1) Kemampuan siswa dalam presentasi hasil diskusi relatif masih kurang baik karena ragu dan belum terbiasa mengungkapkan pendapatnya
- 2) Siswa belum sepenuhnya optimal karena masih ada siswa yang terlihat kurang aktif dalam eksperimen dan
- 3) Pada pelaksanaannya memerlukan waktu yang lebih lama.

Kemunculan praktikum inkuiri bertujuan untuk mengatasi beberapa kendala dan hambatan penerapan pada praktikum verifikasi. Selain itu terdapat beberapa perbedaan mendasar antara praktikum inkuiri dengan verifikasi. Hal ini terlihat pada tabel berikut:

Table 4. Perbedaan Praktikum Verifikasid an Inkuiri

<i>Cookbook</i>	<i>Inquiry</i>
Menghasilkan tingkat kecerdasan yang minimal	Menghasilkan tingkat kecerdasan yang tinggi karena dimulai dari bertanya
Terfokus untuk memverifikasi konsep	Terfokus pada observasi dan membangun konsep
Siswa berasumsi bahwa setiap eksperimen yang dilakukan menghasilkan variabel yang konstan	Mempromosikan siswa untuk memiliki pemahaman nyata tentang proses saintifis
Tidak memberikan celah kepada siswa untuk salah	Memberikan kesempatan kepada siswa untuk belajar dari kesalahan
Tidak mengembangkan pada pemahaman konseptual proporsional dan prosedural	Mempromosikan siswa kepada pemahaman yang konseptual, proporsional dan prosedural

B. Karakteristik

Karakteristik dari suatu model praktikum juga dapat diidentifikasi dari sintak model itu sendiri. Menurut Karyatin, model inquiry memiliki sintak kegiatan sebagai berikut :

- 1) Mendefinisikan masalah (merumuskan masalah) dan pengajuan hipotesis

Pada tahap ini siswa diberikan ilustrasi/kejadian dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan tujuan pembelajaran dan materi yang dibahas. Guru memancing dan memberikan arahan sehingga siswa dapat menemukan masalah dan mencoba mencari jawaban sementara (hipotesis) berdasarkan pengetahuan awal yang dimilikinya

2) Merencanakan kegiatan/percobaan

Pada tahap ini siswa berpikir secara sistematis tentang langkah-langkah kegiatan/percobaan yang akan dilakukan, memilih alat dan bahan kegiatan/percobaan dengan benar, menentukan ketepatan waktu untuk menyelesaikan setiap langkah kegiatan/percobaan sehingga dapat mengumpulkan data hasil kegiatan/percobaan dengan cermat, cepat, dan tepat waktu.

3) Melakukan kegiatan/percobaan

Tahap ini merupakan kelanjutan dari tindakan yang harus dilakukan setelah menyusun langkah kegiatan.

Secara singkat dapat disimpulkan tahapan/sintaks dari kegiatan praktikum model inquiry yaitu dari merumuskan masalah, mengajukan hipotesis, merencanakan kegiatan/percobaan, melakukan kegiatan/percobaan, mengumpulkan, menganalisis, serta menyimpulkan hasil kegiatan/percobaan, sehingga dapat meningkatkan kemampuan keterampilan proses dan hasil belajar kognitif IPA (Karyatin, 2013)

Susilawati dkk menambahkan bahwa dalam kegiatan model pembelajaran inkuiri, siswa dilatih untuk melakukan suatu percobaan, antara lain merumuskan masalah, mengajukan dan menguji hipotesis, menentukan variabel, merancang dan merakit instrument, mengumpulkan, mengolah dan menafsirkan data, menarik kesimpulan serta mengkomunikasikan hasil percobaan secara lisan dan tertulis (Susilawati, Susilawati, & Sridana, 2015)

Selain itu, Setya utari dan Andi Suhandi juga mendeskripsikan karakteristik praktikum inkuiri sebagai berikut:

Table 5. Karakteristik Praktikum Inkuiri

No	Karateristik
1	Dilakukan secara bersamaan dengan pembelajaran tatap muka
2	Dilakukan di dalam kelas ataupun laboratorium
3	Berorientasi pada penanaman pemahaman materi ajar secara utuh melalui kegiatan yang bersifat penemuan

No	Karakteristik
4	Pengarahannya yang diberikan oleh guru berupa pertanyaan-pertanyaan penuntun
5	Prosedur percobaan/prosedur praktikum disusun oleh siswa
6	Kegiatan praktikum yang dilaksanakan berorientasi pada penanaman pemahaman pengetahuan konseptual maupun prosedural
7	Aktivitas siswa difokuskan pada kegiatan penemuan konsep, hukum, teori, ataupun hubungan antar variabel yang diamati secara empiris
8	Diskusi didasarkan pada pertanyaan-pertanyaan intelektual yang menarik
9	Kegiatan praktikum dilakukan secara siklus yang terdiri dari satu atau lebih siklus
10	Siswa mengidentifikasi terlebih dahulu data dan jumlah data yang dibutuhkan untuk menjawab pertanyaan percobaan
11	Siswa dibebaskan untuk menyusun sendiri prosedur/rangkaian kegiatan yang mereka lakukan dengan asas dasar kegiatan berupa penemuan
12	Siswa berbagi informasi kepada sesama sewaktu melaksanakan kegiatan praktikum
13	Kegiatan praktikum memiliki penekanan pada pencapaian pemahaman konseptual dan ilmiah menggunakan data percobaan sebagai data yang empiris
14	Siswa diarahkan untuk mengajukan prediksi/hipotesis melalui proses deduktif
15	Siswa diminta untuk menemukan asas, fakta, dan konsep menggunakan proses induktif
16	Siswa dilatih untuk dapat mengidentifikasi, membedakan, dan mengendalikan variabel penelitian
17	LKS yang disediakan menyajikan berbagai macam peralatan dan teknologi yang dapat mendukung kegiatan praktikum akan tetapi tidak menentukan bentuk dan jenis peralatan yang akan digunakan selama praktikum secara mutlak
18	Pada proses pelaksanaannya banyak disajikan pertanyaan-pertanyaan yang memicu terjadinya interaksi antara siswa dan instruktur.
19	Siswa mengimplementasikan teknik dan taktik yang telah mereka kuasai untuk menganalisis dan menafsirkan data hasil praktikum
20	Kegiatan praktikum melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi
21	Kegiatan praktikum berfokus pada penguasaan sains secara holistik
22	Waktu praktikum lebih banyak diakomodasikan untuk kegiatan praktikum karena siswa yang merancang sendiri prosedur praktikumnya

No	Karakteristik
23	Peranan instruktur adalah menyajikan pertanyaan-pertanyaan pengarah yang tidak membutuhkan jawaban mutlak atau berupa tindakan
24	Beranjak dari hal konkret menuju hal abstrak

C. Panduan Praktikum (LKS)

Secara garis besar, panduan praktikum inkuiri tidak terlalu berbeda dengan praktikum verifikasi. Pada beberapa poin, indikator LKS verifikasi masih dipertahankan. Berikut adalah unsur-unsur dan tahapan pelaksanaan kegiatan praktikum inkuiri.

1. Judul Praktikum

Pada praktikum inkuiri, judul praktikum menjadi bagian tersendiri terkait pelaksanaan kegiatan praktikum. Judul mendeskripsikan kegiatan praktikum yang sedang dilaksanakan yang biasanya dikaitkan dengan konsep ataupun hubungan antar konsep dalam fisika. Judul praktikum juga biasanya dikaitkan dengan besaran-besaran yang dipelajari. Beberapa judul praktikum juga ditampilkan sebagai kelompok pembahasan fisika. Sebagai contoh, judul praktikum verifikasi adalah “Praktikum Hukum OHM”, “Praktikum Konstanta Pegas”, “Praktikum Osilasi” dan sebagainya. Tujuan Praktikum

2. Tujuan Praktikum

Setelah mendefinisikan judul praktikum, selanjutnya dilakukan identifikasi tujuan praktikum. Tujuan praktikum pada kegiatan praktikum inkuiri merupakan target dan capaian yang ingin diperoleh selama melaksanakan kegiatan praktikum. Biasanya tujuan praktikum berkaitan dengan identifikasi variabel dan besaran dalam praktikum. Sebagai contoh tujuan praktikum verifikasi adalah “Menganalisis pengaruh panjang tali terhadap periode”, “membuktikan nilai konstanta gravitasi”, “menganalisis pengaruh susunan rangkaian pegas terhadap konstanta pegas”, dan lain sebagainya.

3. Rumusan Masalah Praktikum

Pada LKS verifikasi dijelaskan bahwa terdapat tujuan praktikum yang sudah ditentukan. Sedangkan pada LKS inkuiri tujuan tidak disebutkan akan tetapi siswa terlebih dahulu mengidentifikasi rumusan masalah praktikum. Secara sederhana, rumusan masalah dapat dibangun dengan menentukan tujuan praktikum, selanjutnya narasi tujuan dirubah menjadi diksi pertanyaan. Hal ini merujuk pada penjelasan mengenai tuntunan dan arahan pada LKS

inkuiri bersifat pertanyaan-pertanyaan. Berikut adalah contoh rumusan masalah dari praktikum inkuiri.

Rumusan Masalah Praktikum

1. *Apakah cahaya mempengaruhi proses perkecambahan pada kacang hijau?*
2. *Bagaimanakah sudut sinar datang mempengaruhi sinar pantul pada cermin cekung?*

4. Hipotesis

Hipotesis merupakan anggapan dasar dan prediksi sementara. Siswa diminta untuk memberikan dugaan mereka terhadap hasil dan kesimpulan dari praktikum yang sedang mereka lakukan. Hipotesis harus bersifat ilmiah yang artinya didasarkan pada pola argumentasi ilmiah. Hipotesis harus diajukan sebelum melaksanakan kegiatan praktikum yang konten dan isi dari hipotesis yang diajukan merujuk pada tujuan dan rumusan masalah praktikum. Berikut ini adalah contoh hipotesis praktikum yang diajukan.

Rumusan Masalah Deskriptif

Bagaimanakah kontribusi konstanta pegas terhadap penambahan panjang pegas?

Hipotesis

Konstanta pegas (k) merupakan besaran yang bersifat menghambat. Semakin besar nilai k maka semakin kecil pertambahan panjang yang terjadi. Hal ini sesuai dengan hubungan $F = -k \cdot dx$ dan kesetaraan antara $k \approx Y$.

5. Pertanyaan Metode

Pertanyaan metode bertujuan untuk mengarahkan siswa memilih dan mengidentifikasi peralatan yang dibutuhkan selama kegiatan praktikum. Pertanyaan-pertanyaan ini juga bertujuan untuk mengarahkan siswa mengidentifikasi variabel dalam praktikum karena mengingat bahwa siswa diberi kesempatan untuk menentukan jenis dan jumlah data, tabel, tabulasi data hingga praktikum. Pertanyaan metode menjadi dasar utama pelaksanaan praktikum karena semua proses praktikum untuk mendapatkan data berasal dari jawaban pertanyaan metode. Berikut ini adalah contoh pertanyaan metode.

PERTANYAAN PENUNTUN

1 Buatlah hipotesis terhadap permasalahan di atas.

1)

2)

3)

2. *Dalam penyelidikan yang akan dilakukan, apa saja yang menjadi variabel bebas dan variabel terikat.*
 Variabel bebas:
 Variabel terikat:

3. *Peralatan apa saja yang diperlukan untuk melakukan kegiatan praktikum ini?*

4. *Bagaimanakah langkah-langkah percobaan yang harus dilakukan dalam kegiatan praktikum ini?*

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. *Data apa saja yang harus diperoleh melalui praktikum ini untuk menjawab permasalahan di atas?*

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

6. *Bagaimana bentuk tabel yang diperlukan untuk koleksi data hasil praktikum ini? Kemudian catatlah data hasil praktikum pada tabel tersebut.*

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....

6. Pertanyaan Analisis

Pertanyaan analisis lebih terfokus untuk mengarahkan siswa dalam menganalisis dan menistesis data hasil percobaan. Berikut ini adalah contoh dari pertanyaan analisis.

Berdasarkan data yang diperoleh, bagaimana hubungan antara beda potensial dan kuat arus (sebanding atau berbanding terbalik)? Jika sebanding apakah kesebandingannya secara linear atau tidak linear?

.....

Jika data pada tabel ditranslasi dalam bentuk grafik, bagaimanakah grafik fungsi hubungan beda potensial dan kuat arus?

.....

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Tentukan persamaan grafik linier dari soal no 8.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....

7. Generalisasi

Generalisasi merupakan kesimpulan akhir dari temuan. Generalisasi bertujuan untuk memberikan pandangan umum terkait hasil temuan.

D. Contoh

MODEL PRAKTIKUM INKURI BASED LABORATORY
PETUNJUK PRAKTIKUM III HAMBATAN PENGHANTAR

TUJUAN

1. Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi besar hambatan suatu penghantar.
2. Menjelaskan konsep-konsep fisika yang terkait dengan hambatan kawat penghantar (panjang kawat ℓ , luas penampang kawat A , hambatan jenis kawat ρ , kuat arus I , dan beda potensial listrik V)
3. Merumuskan hubungan antara hambatan kawat penghantar dengan panjang kawat (ℓ), luas penampang kawat (A), dan hambatan jenis kawat (ρ)

MASALAH

Perhatikan gambar di bawah ini.

1) *Bagaimana pengaruh panjang kawat, luas penampang kawat, dan hambatan jenis kawat terhadap besarnya hambatan suatu kawat?*

2) *Coba prediksi bagaimana bentuk ketergantungan antara hambatan kawat dengan panjang kawat, luas penampang kawat, dan hambatan jenis kawat?*

PERTANYAAN PENUNTUN

1. Buatlah hipotesis terhadap permasalahan di atas.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Dalam penyelidikan yang akan dilakukan, apa saja yang menjadi variabel bebas dan variabel terikat.

Variabel bebas:
.....
.....
.....

Variabel terikat:
.....
.....
.....

3. Peralatan apa saja yang diperlukan untuk melakukan kegiatan praktikum ini?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Bagaimanakah langkah-langkah percobaan yang harus dilakukan dalam kegiatan praktikum ini?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. Bagaimana langkah yang harus dilakukan untuk mengetahui kebergantungan panjang kawat (ℓ) terhadap hambatan kawat (R)

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

9. Bagaimana langkah yang harus dilakukan untuk mengetahui kebergantungan luas penampang kawat (A) terhadap hambatan kawat (R)?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

10. Bagaimana langkah yang harus dilakukan untuk mengetahui kebergantungan hambatan jenis kawat (ρ) terhadap hambatan kawat (R)?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

11. Berdasarkan data yang anda diperoleh, bagaimana hubungan antara panjang kawat (ℓ) dan hambatan kawat (R) sebanding atau berbanding terbalik?. Jika sebanding apakah kesebandingannya linier atau tidak linier?. Jika tidak linier merupakan fungsi apa?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....
.....
.....
.....

12. Berdasarkan data yang diperoleh, bagaimana hubungan antara luas penampang kawat (A) dan hambatan kawat (R) sebanding atau berbanding terbalik?. Jika sebanding apakah kesebandingannya linier atau tidak linier?. Jika tidak linier merupakan fungsi apa?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

13. Berdasarkan data yang diperoleh, bagaimana hubungan antara hambatan jenis kawat (ρ) dan hambatan kawat (R) sebanding atau berbanding terbalik?. Jika sebanding apakah kesebandingannya linier atau tidak linier?. Jika tidak linier merupakan fungsi apa?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....

14. Jika data pada tabel ditranslasikan dalam bentuk grafik hubungan antara panjang kawat (ℓ) dan hambatan kawat (R) untuk nilai luas penampang (A) dan hambatan jenis kawat (ρ) tertentu? Maka akan diperoleh grafik fungsi seperti apa?

.....

14. Tentukan persamaan grafik linear dari soal nomor 13.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

KESIMPULAN

Dari data percobaan yang anda peroleh, diskusikan dengan kelompok! Dan buatlah kesimpulannya.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

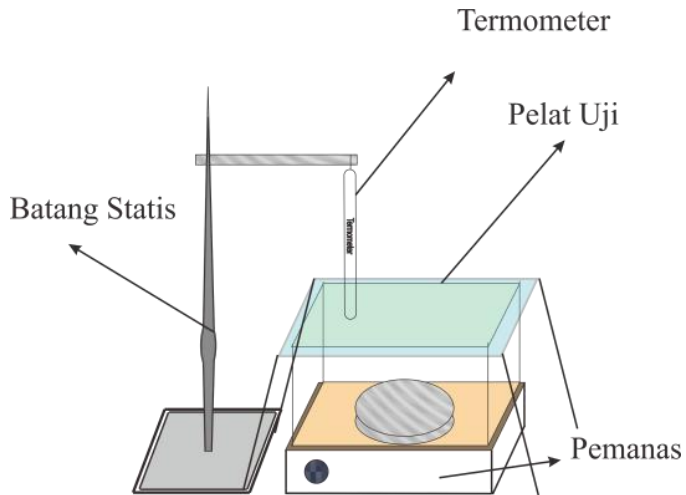
MODEL PRAKTIKUM INKURI BASED LABORATORY
PETUNJUK PRAKTIKUM PERPINDAHAN KALOR

TUJUAN

1. Menganalisis pengaruh waktu pemanasan terhadap kenaikan suhu
2. Menganalisis lpengaruh luas pelat uji terhadap kenaikan suhu

MASALAH

Perhatikan gambar di bawah ini.



Gambar 1. Set Praktikum Radiasi Kalor

- 1) Bagaimana pengaruh waktu pemanasan (t) pelat uji terhadap kenaikan suhu pelat uji (ΔT)?
- 2) Bagaimana pengaruh luas (A) pelat uji terhadap kenaikan suhu pelat uji (ΔT)?
- 3) Bagaimana pengaruh warna (e) pelat uji terhadap kenaikan suhu pelat uji (ΔT)?
- 4) Prediksikan dan gambarkan bagaimana hubungan waktu (t) pemanasan pelat uji dengan kenaikan suhu (ΔT)!
- 5) Prediksikan dan gambarkan bagaimana hubungan luas (A) pelat uji dengan kenaikan suhu (ΔT)!
- 6) Prediksikan dan gambarkan bagaimana hubungan warna (e) pelat uji dengan kenaikan suhu (ΔT)!
- 7) Prediksikan dan gambarkan bagaimana bentuk hubungan antara waktu pemanasan (t), luas pelat uji (A) dan warna pelat uji (e) dengan kenaikan suhu (ΔT)!

PERTANYAAN PENUNTUN

1. Buatlah hipotesis terhadap permasalahan di atas.

.....

.....

.....

.....

.....

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Dalam penyelidikan yang akan dilakukan, apa saja yang menjadi variabel bebas dan variabel terikat.

Variabel bebas:

.....

.....

Variabel terikat:

.....

.....

3. Peralatan apa saja yang diperlukan untuk melakukan kegiatan praktikum ini?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....
.....

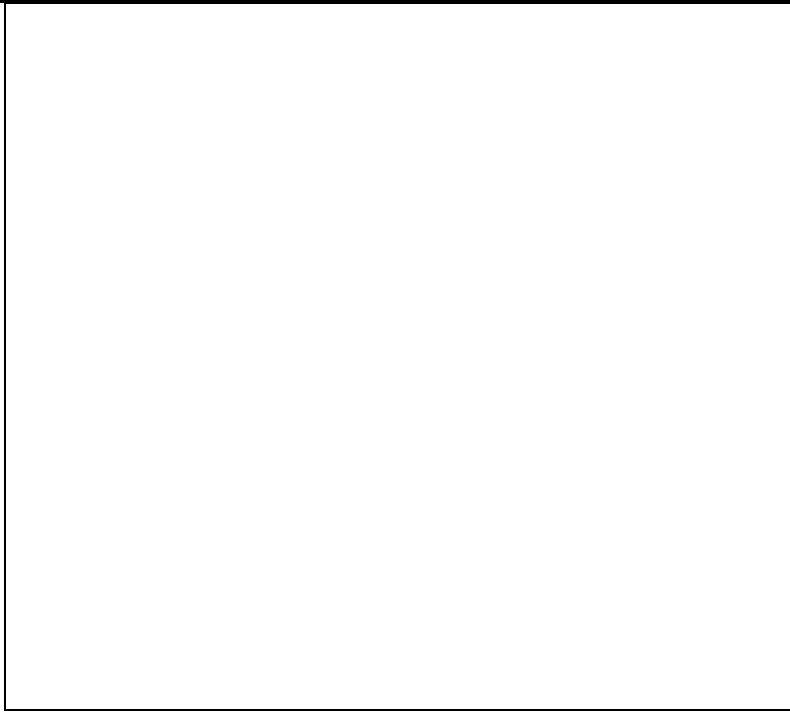
4. Bagaimanakah langkah-langkah percobaan yang harus dilakukan dalam kegiatan praktikum ini?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. Data apa saja yang harus diperoleh melalui praktikum ini untuk menjawab permasalahan di atas?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

6. Bagaimana bentuk tabel yang diperlukan untuk koleksi data hasil praktikum ini ? Kemudian catatlah data hasil praktikum pada tabel tersebut.



- 7 Berdasarkan data yang diperoleh, bagaimana hubungan antara
- a. waktu pemanasan (t) pelat uji dan kenaikan suhu pelat uji (ΔT)
 - b. luas (A) pelat uji dan kenaikan suhu pelat uji (ΔT)
 - c. warna pelat uji dan kenaikan suhu pelat uji (ΔT)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. Jika data pada tabel ditranslasi dalam bentuk grafik, bagaimanakah grafik fungsi hubungan waktu pemanasan (t) dengan kenaikan suhu

(ΔT)? Luas pelat uji (A) dengan kenaikan suhu (ΔT)? Warna pelat uji (e) dengan kenaikan suhu (ΔT)?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

9. Tentukan perasmaan dari garfik pada soal nomor 8

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....

10. Lakukan perhitungan berikut:

a. Menentukan emisifitas

$$e = \frac{Pt}{\sigma AT^4}$$

e = emisifitas, P = Daya(watt), σ = Konstanta Stefan – Boltzman, A = Luas Penampang (m²), T = Suhu(K), t = time (s)

b. Menentukan kalor yang diserap

$$Q = e\sigma AT^4$$

dengan Q = Kalor (J)

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

KESIMPULAN

Dari data percobaan yang anda peroleh, diskusikan dengan kelompok!
Dan buatlah kesimpulannya.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

<p>.....</p>
--

BAB 6. MODEL PRAKTIKUM PROBLEM SOLVING LABORATORY

A. Pengantar

Problem solving laboratory merupakan salah satu dari desain praktikum yang mana memperkenalkan kepada praktikan bentuk nyata atau manfaat nyata dari praktikum yang sedang dilaksanakan. Praktikan diarahkan bagaimana menemukan sesuatu ketidakseimbangan antara konsep/teori yang dipelajari dengan kenyataan yang diterapkan dan dimanfaatkan dalam masyarakat (problem). Setelah menemukan ketidakseimbangan tersebut maka praktikan dituntut untuk merumuskan suatu solusi dari permasalahan tersebut (Mataka, et al., 2014). Menurut Seyhan Problem solving laboratory adalah pembelajaran/praktikum yang memusatkan perhatian pada siswa dengan membuat siswa aktif dalam pelaksanaan praktikum, mengembangkan kemampuan skill siswa dan menanamkan pada pemahaman yang berkaitan dengan penyelesaian suatu permasalahan (Seyhan, 2015)

Pada praktikum ini, siswa dilibatkan secara aktif mulai dari mengenal permasalahan yang nyata yang disajikan, mengetahui alat dan bahan yang diperlukan, membuat prediksi sebagai solusi sementara dari permasalahan yang disajikan, dan membuat prosedur percobaan sendiri dengan menjawab serangkaian pertanyaan yang ada pada panduan laboratory work. Setelah itu siswa juga melakukan proses pengukuran, menyelidiki / memeriksa apakah ada kesamaan antara data yang diperoleh dengan apa yang telah diprediksikan, memeriksa letak keliruan jika terjadi ketidakcocokan antara data yang diperoleh dengan apa yang telah diprediksikan, mengusulkan perubahan prosedur yang dilanjutkan pada pengulangan proses pengambilan data, serta menilai dan memutuskan dalam bentuk pengambilan kesimpulan jika dipandang sudah tidak terjadi kekeliruan dalam analisis data (Gayatri, et al., 2014). Desain praktikum problem solving sendiri mengantarkan praktikan untuk menemukan bentuk real dari manfaat pelajaran mereka. Sebagian besar berisikan kasus-kasus yang dekat dengan kehidupan atau sering dialami praktikan (Adeyemo, 2010). Laurinda Leite (2005) dalam artikel yang berjudul *Evaluating Students' Learning from Laboratory Investigation* menyatakan bahwa pembelajaran konseptual dengan pendekatan problem solving berarti penemuan jawaban dari pertanyaan yang spesifik dan perumusan solusi terkait fenomena di dunia nyata.

Pernyataan-pernyataan mengenai definisi desain praktikum problem solving laboratory pada paragraf sebelumnya dapat disimpulkan bahwa desain praktikum problem solving laboratory merupakan desain praktikum yang mengarah kepada implementasi konsep-konsep yang telah dipelajari dengan orientasi pada permasalahan yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari.

Tujuan utamanya adalah untuk menemukan bentuk real dari hal-hal yang telah dipelajari oleh praktikan. Karakteristik

Praktikum dengan model problem solving laboratory memiliki beberapa tingkatan tergantung sejauh mana analisis dan penggunaan metodologinya (Seyhan, 2015). Seyhan menyatakan bahwa metode problem solving pada tingkat advance akan mampu menguraikan saintifik proses dalam arti penemuan definisi, inkuiri dan berfikir kritis. (Seyhan, 2015). Hasil studi yang dilakukan oleh Cartette & Bodner(2010) mendeskripsikan bahwa banyak jenis dan sudut pandang dalam melakukan problem solving laboratory yang meliputi:

- 1) Memory and its organizing, describing the problem space,
- 2) Categorizing problems, dan
- 3) Testing conceptual understanding as it relates to problem solving ability.

Pelaksanaan praktikum dengan desain problem solving laboratory memiliki banyak kelebihan bagi praktikan dan juga bagi masyarakat pada umumnya. Kelebihan-kelebihan tersebut diantaranya sebagaimana yang disampaikan oleh Baharom dkk (2015) yaitu :

- 1) Meningkatkan kemampuan berkolaboratif/bekerjasama
- 2) Meningkatkan kemampuan berfikir kritis

Menurut Seyhan, kelebihan lain yang dimiliki oleh desain praktikum Problem solving laboratory adalah:

- 1) Lebih produktif untuk mengimplementasikan konsep kedalam dunia nyata
- 2) Berpotensi untuk menemukan konsep baru atau solusi yang lebih baik dari pada solusi yang sebelumnya, artinya problem solving laboratory sangat mungkin untuk diterapkan pada proyek pengembangan
- 3) Meningkatkan kepekaan praktikan kepada lingkungan
- 4) Meningkatkan kemampuan berfikir kritis
- 5) Berfikir rasional
- 6) Meningkatkan kemampuan membaca secara komprehensif
- 7) Bekerja sama

Problem solving laboratory selain memiliki beberapa kelebihan juga memiliki beberapa kelemahan diantaranya sebagaimana yang disebutkan oleh Orla Fenelon dan Carmel Breslin (2007) yaitu:

1. Competition

Situasi dalam kelompok kerja sering dirusak oleh perasaan ingin menang yang dimiliki oleh anggotanya. Secara umum hal ini akan mengganggu keharmonisan dan komunikasi kreatif dalam grup

2. *Conformity*

Selain rasa ingin berkompetisi dan ingin menang yang dimiliki oleh anggota kelompok, hal lain yang juga merusak suasana kerjasama dalam kelompok adalah munculnya ideologi yang merasa tidak cocok antara satu anggota dengan anggota lainnya.

3. *Lack of objective direction*

Munculnya perbedaan pendapat dan sudut pandang saat memberikan solusi dalam kelompok akan berdampak pada solusi akhir yang dihasilkan. Kebanyakan dari solusi yang dihasilkan akan tidak efektif karena antara si-pemberi ide tidak dapat meyakinkan secara penuh kepada anggota lainnya tentang idenya.

4. *Time Counstraints*

Problem solving laboratory merupakan desain praktikum yang mengharuskan praktikan untuk mengerti inti permasalahan yang dialami oleh masyarakat. Selanjutnya praktikan harus memberikan solusi terkait hal tersebut yang memiliki korelasi dengan pembelajaran atau teori yang telah dipelajari. Maka untuk memperoleh hasil yang optimal maka membutuhkan waktu yang cukup lama.

B. Karakteristik

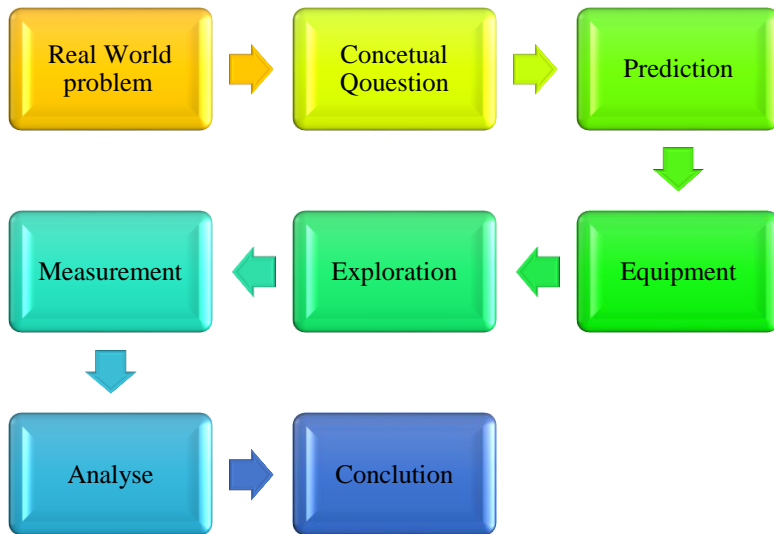
Terdapat beberapa karakteristik dari problem solving laboratory sebagaimana yang dipaparkan oleh Baharom, et al., (2015) dalam jurnal yang berjudul *Assessment of psycomotor domain in a problem based concrete laboratory* yaitu:

1. Berorientasi pada solusi dan proses
2. Bekerja dari permasalahan sehari-hari
3. Mengantarkan praktikan untuk mendapatkan informasi yang cukup untuk pembelajaran mereka
4. Merencanakan kegiatan praktikum secara mandiri dan melengkapi diri dengan membawa informasi yang dibutuhkan kedalam laboratorium
5. Bekerja secara kelompok (*collaborative groups*)

6. Berfikir kritis dengan menanggapi permasalahan di kehidupan sehari-hari
7. Berfokus pada permasalahan kompleks yang tidak hanya mempunyai satu titik penyelesaian/jawaban

C. Panduan Praktikum (LKS)

Model praktikum problem solving pertama kali dikembangkan di Amerika Serikat oleh Universitas of Minesota. Model awal yang dikembangkan awalnya menyajikan permasalahan yang berbeda pada setiap langkah yang dilaluinya.



Gambar 9. Tahapan Kegiatan PSL

Real World Problem merupakan kegiatan pra eksperimen dari PSL. Kegiatan ini menyajikan masalah dalam kehidupan nyata yang harus diselesaikan oleh siswa dengan melakukan pendekatan kegiatan praktikum. Kegiatan praktikum dilakukan dengan membuat keadaan yang sama dengan kondisi pada *Real World Problem*. Hasil eksperimen kemudian dijadikan pijakan untuk membuat penyelesaian masalah di dunia nyata. Pada bagian real worl problem , siswa juga dituntut untuk mengidentifikasi permasalahan yang harus diselesaikan dengan membuat pertanyaan praktikum.

Sebagai contoh, berikut disajikan bentuk *Real World Problem* dalam praktikum PSL dan pertanyaan penelitian yang dihipunkun.

REAL WORLD PROBLEM

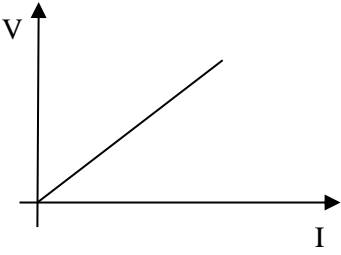
Tim penelitimu telah membuat perangkat untuk memonitoring konten lapisan ozon di atmosfer untuk menentukan sejauhmana tingkat lubang ozon di atas kutub. Kamu ditetapkan untuk bertugas dan menjaga peralatan selama musim dingin di kutub selatan dengan tidak ada pasokan yang diperoleh. Ketika salah satu bagian dari peralatan tidak berfungsi, kamu harus mengganti dua resistor. Sayangnya kamu hanya memiliki satu resistor dan satu lampu pijar tetapi kamu tidak yakin jika lampu pijar dapat berperilaku sama seperti sebuah resistor untuk membuat rangkaian berfungsi. Kamu memutuskan untuk membuat perbandingan langsung.

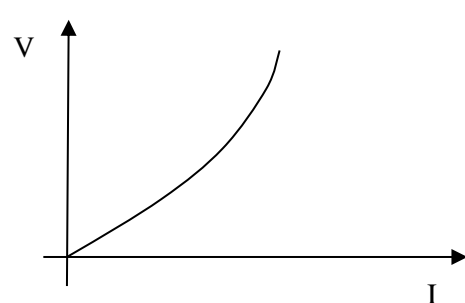
Masalah Eksperimen: *Bagaimana persamaan antara sebuah lampu pijar dan sebuah resistor? Apa perbedaannya dalam hal kelistrikan?*

1. Conceptual Question

Tahap ini mengarahkan siswa untuk dapat memberikan argumen dan pilihan teoritik yang melandasi upaya penyelesaian masalah. Tahap ini mengkonfirmasi kemampuan dan konsep dasar siswa sebelum melakukan kegiatan praktikum. Tujuannya adalah agar siswa tidak asal-asal dalam merumuskan solusi akan tetapi disertai dengan pemahaman konsep yang sudah kuat. Pengajuan pertanyaan konseptual pada dasarnya memudahkan siswa untuk dapat mengajukan prediksi yang lebih baik. Sehingga untuk pelaksanaannya conceptual question juga termasuk kedalam tahapan pra-eksperimen.

Berikut ini adalah contoh pertanyaan konsep dan jawabannya untuk *Real World Problem* sebelumnya.

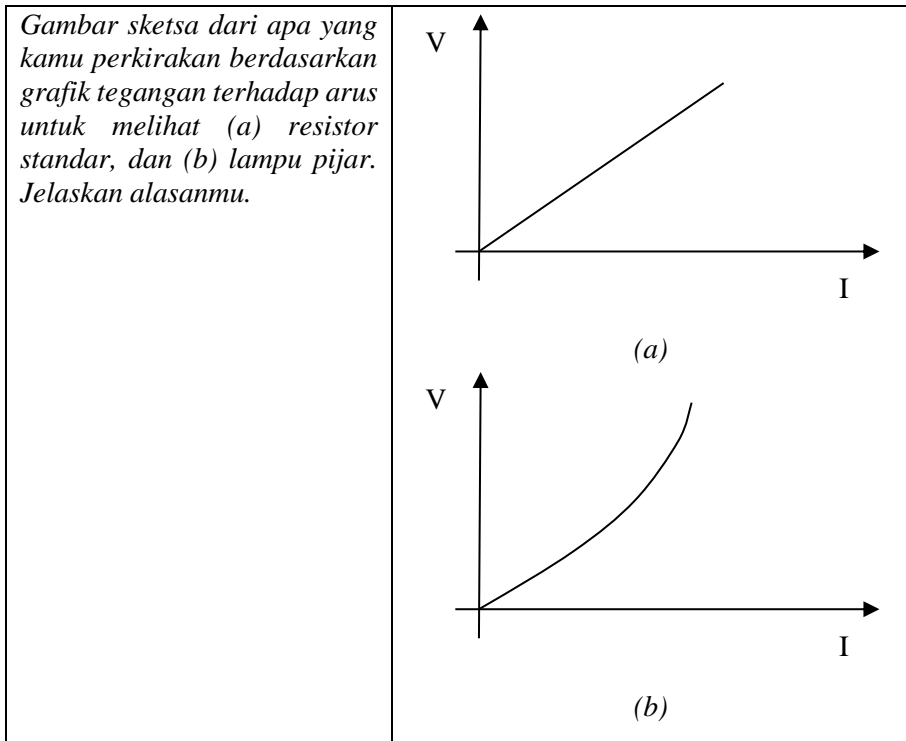
<p><i>Bagaimana hubungan antara arus yang melalui resistor dan tegangan yang melewati resistor jika resistor itu dibuat dari material ohmik? Gambar grafik tegangan terhadap arus untuk resistor ini. Bagaimana kemiringan grafik berkaitan dengan resistansinya?</i></p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p><i>Menurut hukum Ohm $R = V/I$, pada grafik di samping V/I adalah kemiringan grafik linier $V = f(I)$. Jadi nilai hambatan resistor $R =$ kemiringan dari grafik $V = f(I)$.</i></p>
<p><i>Ketika arus yang mengalir pada lampu pijar semakin</i></p>	<p><i>Ya, hambatan filamen lampu (penghantar) bergantung pada</i></p>

<p>besar maka lampu lebih terang. Seperti halnya lebih terang maka akan lebih panas. Prediksikan olehmu efek kenaikan suhu terhadap resistansi lampu pijar? Jika begitu, bagaimana? Sketsa grafik tegangan terhadap arus untuk lampu pijar.</p>	<p>temperaturnya, semakin tinggi temperatur semakin besar hambatan jenisnya menurut persamaan $\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta T)$. Semakin besar hambatan jenis maka semakin besar hambatan listrik penghantar menurut persamaan $R = \rho \ell / A$. Suhu penghantar berasal dari disipasi daya listrik pada penghambat (penghantar), semakin besar disipasi daya listrik pada penghambat maka semakin besar temperatur yang dihasilkan. Disipasi daya pada penghambat dirumuskan sebagai $P = I^2 R$ atau $P = V^2 / R$, sehingga ketika V atau I dalam rangkaian semakin besar maka disipasi daya listrik makin besar, efeknya temperatur penghambat akan makin tinggi. Ketika temperatur makin tinggi maka hambatan penghantar makin tinggi, sehingga grafik hubungan V terhadap I untuk lampu pijar adalah sebagai berikut:</p> 
---	--

2. Prediction

Prediksi juga dikenal sebagai pengajuan hipotesis. Tahap ini memberikan kebebasan kepada siswa ataupun ilmuwan secara umum untuk memberikan argumen dan dugaan sementara yang dibangun dari teori pribadi yang telah mereka miliki sebelumnya. Selain untuk memberikan kebebasan berteori, tahap ini juga berfungsi sebagai konfirmasi konsep yang dimiliki oleh siswa agar tidak mengalami miskonsepsi. Berdasarkan modul praktikum PSL, prediksi yang diberikan oleh siswa ditulis kedalam jurnal/modul sehingga mereka dapat memastikan secara sendiri hasil prediksi dan temuan mereka. Prediksi tidak mesti benar, esensinya prediksi hanyalah praduga sementara

sebelum melakukan eksperimen yang didasarkan pada pemahaman siswa sebelumnya. Berikut ini adalah contoh prediksi yang dibangun untuk pertanyaan praktikum sebelumnya.



3. *Equipment*

Equipment merupakan peralatan dan bahan yang digunakan selama kegiatan praktikum. Penyajian tahapan ini kedalam modul bertujuan untuk merekam apakah siswa dapat mengidentifikasi peralatan yang mereka butuhkan secara efektif dan efisien. Dalam pelaksanaannya, sebainya guru/staf laboratorium tidak menyiapkan peralatan langsung karena hal ini akan membuat siswa menjadi tidak berpikir kritis. Dengan memberikan kesempatan kepada siswa memilih peralatan yang menurut mereka butuhkan maka siswa akan terlatih untuk berpikir kritis. Berikut adalah contoh peralatan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

<i>Peralatan yang tersedia</i>	<i>Peralatan yang dipilih</i>
<i>power supply, sebuah multimeter digital (amperemeter, voltmeter), sebuah lampu pijar dan sebuah resistor, capasitor, baterai, roject board, papan rangkaian, LED, termomete, stopwach.</i>	<i>power supply, sebuah multimeter digital (amperemeter, voltmeter), sebuah lampu pijar dan sebuah resistor.</i>

4. Exploration

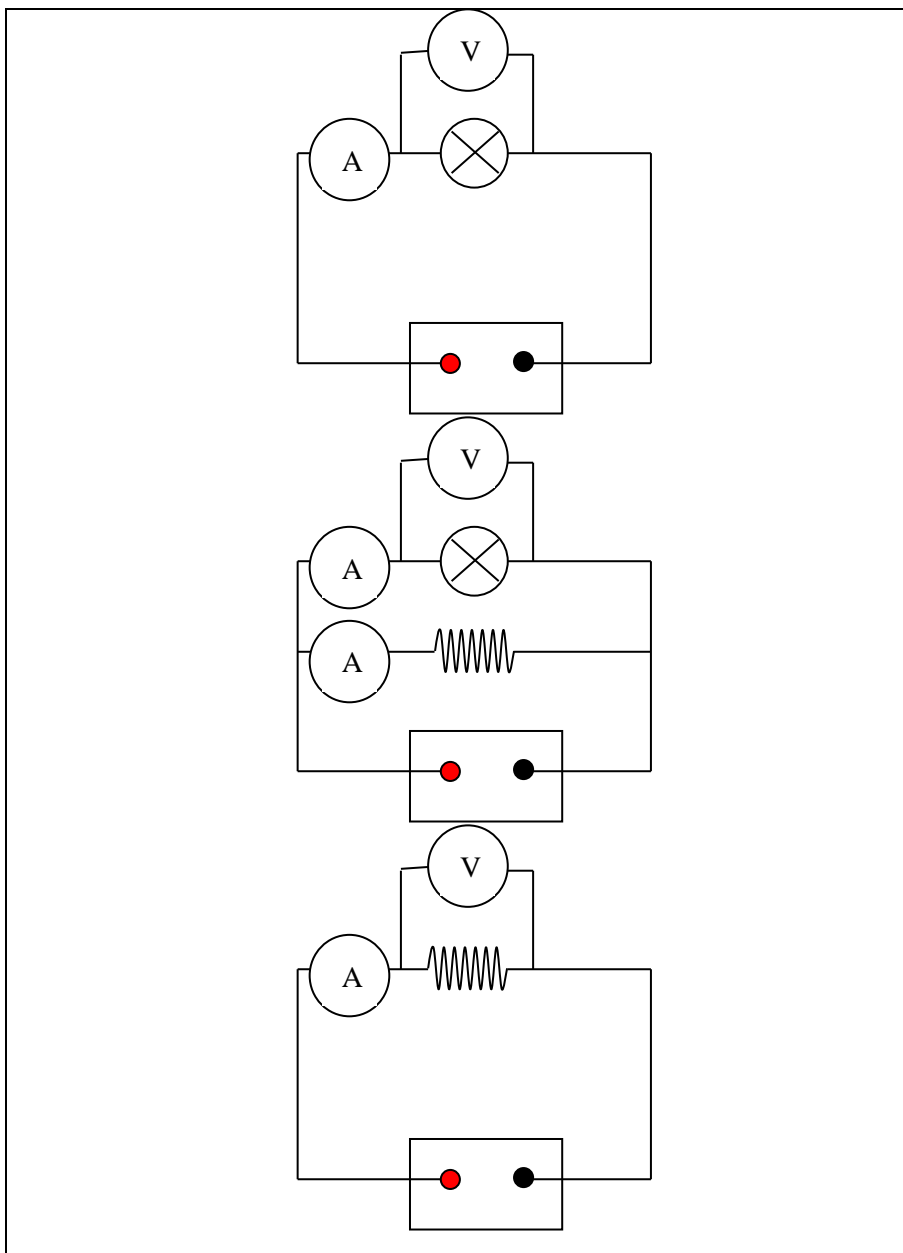
Tahappa eksplorasi merupakan salah satu tahapan penting sebelum melaksanakan kegiatan pengukuran. Kegiatan eksplorasi lebih bertajuk teknis praktikum dimana siswa diarahka untuk menentukan dan meneksplor berbagai variabel yang berkaitan dengan kebutuhan analisis serta peralatan serta teknik yang harus mereka lakukan selama praktikum. Pada kegiatan eksplorasi peran dari guru adalah menekankan kepada siswa untuk selalu memperhatikan keselamatan selama di praktikum dan meningkatkan kehati-hatian mengingat beberapa peralatan sangat rentan rusak dan dapat mencelakai praktikan.

Selain itu, siswa juga harus menggambar rangkaian atau setup peralatan yang akan digunakan untuk mendapatkan data. Hal ini sangat penting karena ketika setup rangkaian salah akan menyebabkan hasil pengukuran yang eror dan pembuatan kesimpulan yang salah. Berikut ini adalah contoh tahapan dari kegiatan eksplorasi.

EKSLORASI

PERINGATAN: Kamu akan bekerja dengan power supply yang dapat menghasilkan tegangan listrik yang besar. Penggunaan yang tidak dibenarkan dapat menyebabkan luka bakar yang menyakitkan. Untuk menghindari bahaya, power supply harus dimatikan dan kamu harus menunggu minimal satu menit sebelum kabel tidak dihubungkan atau dihubungkan ke power supply. Jangan pernah menggenggam kabel di ujung logam.

Sketsa rangkaian yang akan kamu buat untuk mengecek prediksimu. Dapatkah kamu menguji keduanya antara lampu pijar dan resistor pada saat bersamaan? Apakah ini ide yang baik?



5. Measurement

Kegiatan pengukuran merupakan kegiatan pengumpulan data untuk kebutuhan analisis dan menjawab pertanyaan eksperimen. Proses pengukuran dilakukan dengan seksama dan tetap memperhatikan keselamatan. Data hasil pengukuran direkap kedalam tabel pengamatan. Berikut adalah contoh tabel pengamatan dari praktikum sebelumnya.

Terdapat tiga metode untuk menentukan resistansi listrik dari sebuah resistor:

1. Gunakan tabel yang tersedia di laboratorium untuk menentukan resistansi resistor berdasarkan kode warna. Tentukan nilai ketidakpastiannya.

Jenis resistor	Kode warna	Besar resistor dan nilai ketidakpastiannya ($R \pm \Delta R$)
Resistor 1	Kuning-ungu-hitam-emas	$47 \Omega \pm 2,35 \Omega$
Resistor 2	Cokelat-hitam-cokelat-emas	$100 \Omega \pm 5 \Omega$

2. Gunakan multimeter digital dan setting ke ohm untuk mengukur resistansi resistor. Tentukan nilai ketidakpastiannya. Mengapa prosedur ini tidak cukup membantu dengan menggunakan sebuah lampu pijar?

Jenis Resistor	Besar resistor dan nilai ketidakpastiannya ($R \pm \Delta R$)
Resistor 1	$46,0 \Omega \pm 1,0 \Omega$
Resistor 2	$99,0 \Omega \pm 1,0 \Omega$

3. Gunakan power supply, multimeter digital dan resistor untuk menentukan tegangan yang melewati resistor dan ukur arus yang melewati resistor untuk beberapa tegangan yang berbeda. Tentukan nilai ketidakpastiannya dari resistansi yang diperoleh dari metode ini.

Data hasil percobaan lampu pijar

No.	V (Volt)	ΔV (Volt)	I_{lampu} (Ampere)	ΔI_{lampu} (Ampere)
1	3	0,1	0,2	0,01
	3	0,1	0,2	0,01
	3	0,1	0,2	0,01
2	6	0,1	0,3	0,01
	6	0,1	0,3	0,01
	6	0,1	0,3	0,01

Data hasil percobaan resistor 47 ohm

No.	V (Volt)	ΔV (Volt)	$I_{resistor}$ (Ampere)	$\Delta I_{resistor}$ (Ampere)
1	3	0,1	0,08	0,01
	3	0,1	0,08	0,01

	3	0,1	0,08	0,01
2	6	0,1	0,12	0,01
	6	0,1	0,12	0,01
	6	0,1	0,12	0,01

Data hasil percobaan resistor 100 ohm

No.	V (Volt)	ΔV (Volt)	$I_{resistor}$ (Ampere)	$\Delta I_{resistor}$ (Ampere)
1	3	0,1	0,04	0,01
	3	0,1	0,04	0,01
	3	0,1	0,04	0,01
2	6	0,1	0,06	0,01
	6	0,1	0,06	0,01
	6	0,1	0,06	0,01

Data hasil percobaan lampu dan resistor 47 ohm

No	V (Volt)	ΔV (Volt)	I_{lampu} (Ampere)	ΔI_{lampu} (Ampere)	$I_{resistor}$ (Ampere)	$\Delta I_{resistor}$ (Ampere)
1	3	0,1	0,2	0,01	0,06	0,01
	3	0,1	0,2	0,01	0,06	0,01
	3	0,1	0,2	0,01	0,06	0,01
2	6	0,1	0,3	0,01	0,12	0,01
	6	0,1	0,3	0,01	0,12	0,01
	6	0,1	0,3	0,01	0,12	0,01

Data hasil percobaan lampu dan resistor 100 ohm

No	V (Volt)	ΔV (Volt)	I_{lampu} (Ampere)	ΔI_{lampu} (Ampere)	$I_{resistor}$ (Ampere)	$\Delta I_{resistor}$ (Ampere)
1	3	0,1	0,2	0,01	0,04	0,01
	3	0,1	0,2	0,01	0,04	0,01
	3	0,1	0,2	0,01	0,04	0,01
2	6	0,1	0,3	0,01	0,06	0,01
	6	0,1	0,3	0,01	0,06	0,01
	6	0,1	0,3	0,01	0,06	0,01

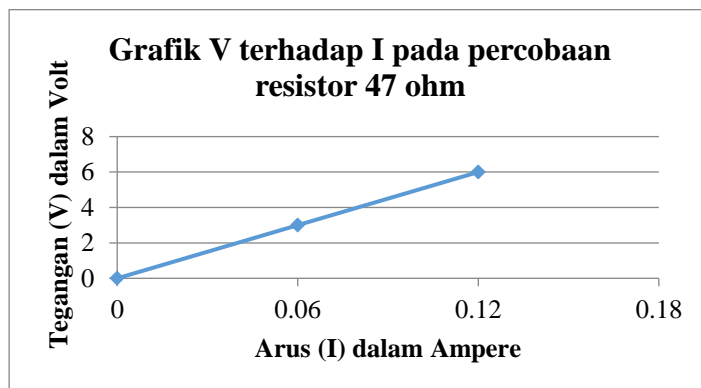
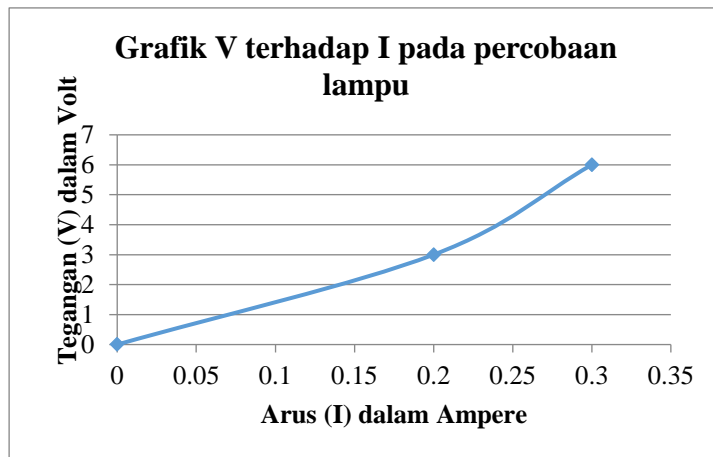
6. Analyse

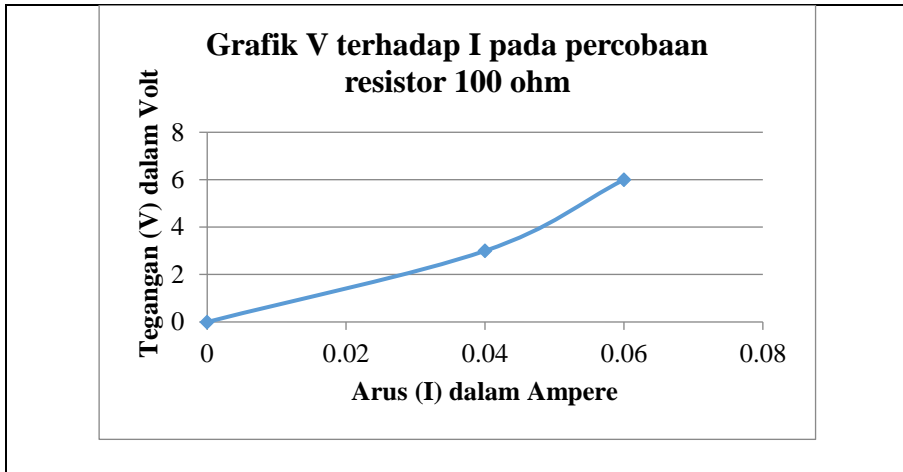
Analisis merupakan tahapan untuk mensintesis dan melakukan pengecekan terkait konsep. Data yang dianalisis bukanlah data mentah, melainkan data yang sudah diolah terlebih dahulu. Pengolahan data dapat dilakukan dengan metoda manual ataupun dengan menggunakan bantuan aplikasi pengolahan

angka. Pengolahan data bertujuan untuk melihat kecenderungan data dan tingkat keakuratan data. Setelah mendapatkan nilai dan besaran yang dibutuhkan maka dilakukan analisis data. Analisis dilakukan dengan merujuk pada pertanyaan eksperimen yang diajukan. Meskipun demikian, analisis tidak bersifat kaku sehingga siswa/peneliti juga dapat mengeksplor temuan mereka pada tahap analisis yang diiringi dengan konfirmasi pada konsep dasar dan temuan peneliti sebelumnya. Berikut ini adalah contoh analisis data yang dilakukan berkaitan dengan permasalahan yang ditemukan.

Buat grafik tegangan terhadap arus untuk resistor dan lampu pijar. Bagaimana nilai resistansinya bandingkan dengan menggunakan metode yang berbeda.

(Data hasil pengukuran ditranslasi ke grafik)





7. Conclusion

Bagian akhir dari praktikum PSL adalah merumuskan kesimpulan yang didasarkan pada temuan percobaan. Kesimpulan dirumuskan sedemikian rupa dan memiliki arah jawaban pertanyaan praktikum. Berikut adalah contoh kesimpulan yang dibuat untuk menjawab pertanyaan penelitian.

Apakah kode warna resistor dan lampu pijar keduanya resistor ohmik? Jika demikian, bagaimana resistansinya? Apakah prediksimu sesuai dengan hasil? Jika tidak, kamu dapat menggunakan lampu pijar dengan beberapa rentang terbatas tegangan? Berapa rentangnya? Jelaskan alasanmu.

(Kesimpulan dari hasil analisis data, berdasarkan kesimpulan ini maka solusi atas permasalahan di atas dapat ditentukan)

Ya, keduanya resistor ohmik. Lampu pijar mempunyai hambatan dalam yang terdapat dalam lampu tersebut. Hal itu dapat dibuktikan dengan melakukan pengukuran tegangan. Berdasarkan hasil percobaan, tegangan sumber yang sudah diukur sebelumnya ternyata tidak sama dengan tegangan lampu pijar yang terukur. Perbedaan tegangan tersebut menunjukkan adanya hambatan dalam lampu.

Hasil percobaan sesuai dengan teori karena arus sebanding dengan beda potensial (tegangan):

$$I \propto V$$

Semakin tinggi tegangan yang diberikan maka semakin besar arus yang mengalir. Selain itu, semakin tinggi resistansi semakin kecil arus untuk suatu tegangan. Hubungan tersebut dapat dibuktikan melalui grafik tegangan terhadap arus pada beberapa percobaan yang telah dilakukan. Berdasarkan grafik tegangan terhadap arus tersebut kita juga dapat

menentukan nilai hambatan resistor R melalui kemiringan dari grafik tersebut.

Untuk lampu pijar ketika V atau I dalam rangkaian semakin besar maka disipasi daya listrik makin besar, efeknya temperatur penghambat akan makin tinggi. Ketika temperatur makin tinggi maka hambatan penghantar makin tinggi. Kemiringan grafik V terhadap I dari lampu pijar tidak linear jika dibandingkan dengan resistor.

Jadi lampu pijar memiliki karakteristik yang sama dengan resistor ketika tegangan yang dihubungkan bernilai kecil dan waktunya singkat, tetapi ketika tegangan bertambah besar dan waktunya lama maka karakteristiknya berbeda karena ada faktor temperatur yang mempengaruhi.

D. Contoh

MODEL PRAKTIKUM PROBLEM SOLVING LABORATORY

PETUNJUK PRAKTIKUM PEGAS

REAL WORLD PROBLEM

Untuk suatu keperluan tertentu, kelompok Anda diminta untuk merancang dan membuat sebuah alat mekanik yang dalam konstruksinya menggunakan sebuah pegas. Sesuai spesifikasi alat, pegas yang dibutuhkan adalah yang memiliki konstanta sebesar 100 N/m. Sayangnya di bengkel kerja anda hanya tersedia pegas yang konstantanya hanya 50 N/m. Karena anda dan kelompok anda sedang berada di daerah terpencil, maka untuk membelinya ke kota memerlukan waktu yang lama, padahal alat tersebut akan segera digunakan. Anda berpikir bahwa pegas yang tersedia dapat digunakan untuk keperluan itu, yaitu dengan cara memotongnya menjadi dua bagian. Meskipun demikian Anda belum yakin betul akan pemikiran itu. Untuk membuktikannya Anda dan tim anda melakukan percobaan untuk membandingkan secara langsung konstanta pegas sebelum dan sesudah dipotong.

Pertanyaan Eksperimen: Apakah nilai konstanta sebuah pegas bergantung pada ukuran panjang pegas?

PERALATAN

Peralatan apa saja yang diperlukan untuk melakukan kegiatan praktikum ini?

PREDIKSI

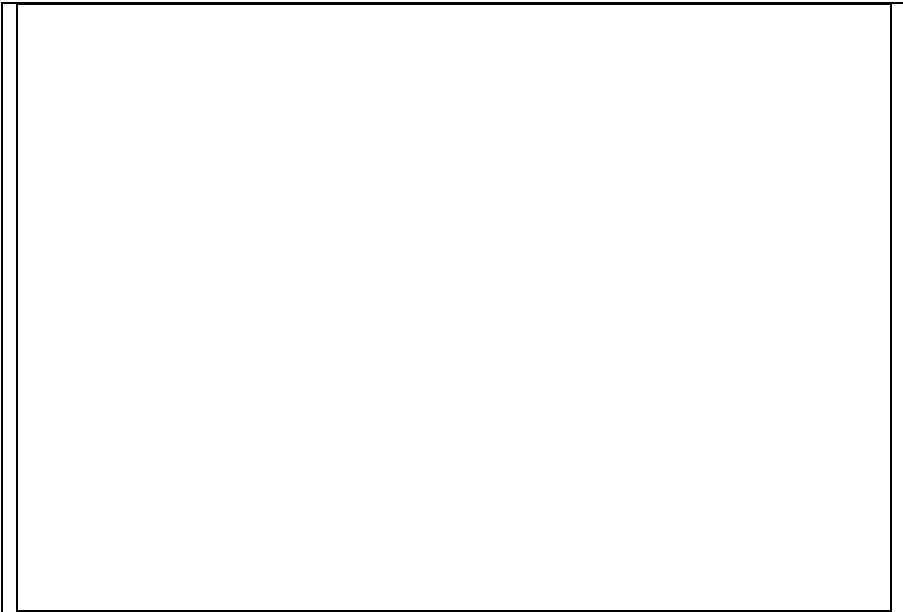
Sket grafik fungsi gaya berat (F) terhadap Pertambahan panjang Δx , (a) untuk pegas sebelum dipotong dan (b) untuk pegas setelah dipotong.



PERTANYAAN-PERTANYAAN METODE

1. Bagaimana hubungan antara pertambahan panjang pegas (Δx) dengan berat beban yang menariknya ketika sebuah pegas digantungkan secara vertikal kemudian dibebani? Gambarkan grafik gaya berat (F) versus pertambahan panjang (Δx) untuk pegas ini. Bagaimana kemiringan grafik berhubungan dengan konstanta pegas?

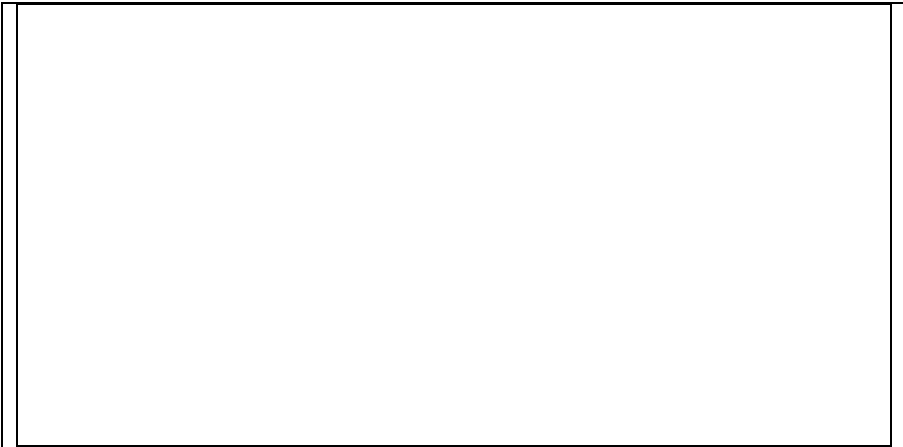




2. Pertambahan panjang pegas total ketika dibebani adalah jumlah pertambahan jarak antar ringnya. Pegas yang panjang dan yang pendek berbeda jumlah ringnya, jumlah ring pegas yang panjang lebih banyak dibanding pegas yang pendek. Apakah kamu punya dugaan bahwa konstanta sebuah pegas akan berubah ketika pegas tersebut dipotong? Jika ya, bagaimana perubahannya?

Sket grafik gaya berat terhadap pertambahan panjang pegas untuk pegas sudah dipotong!

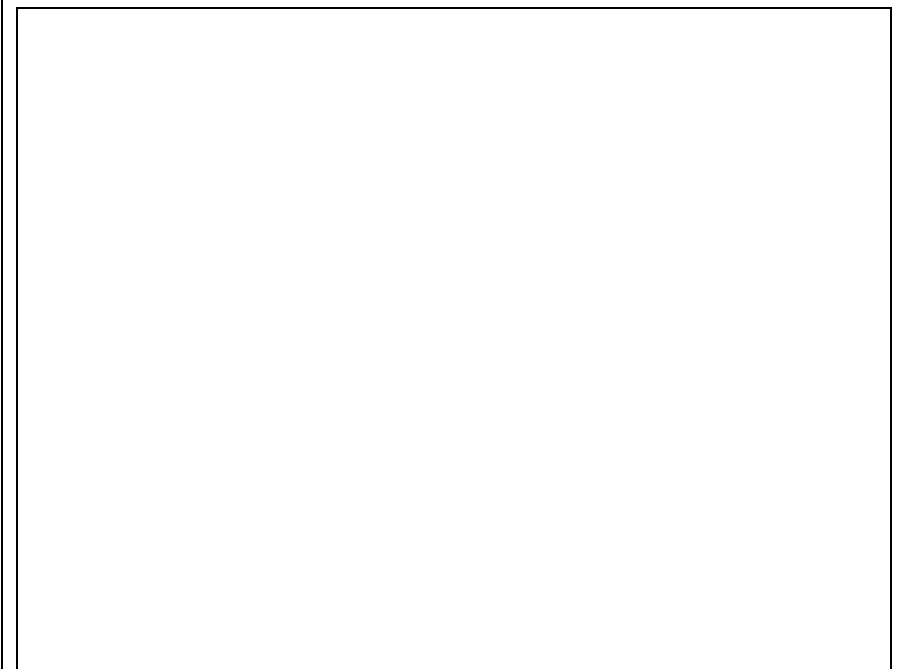




EKSPLORASI

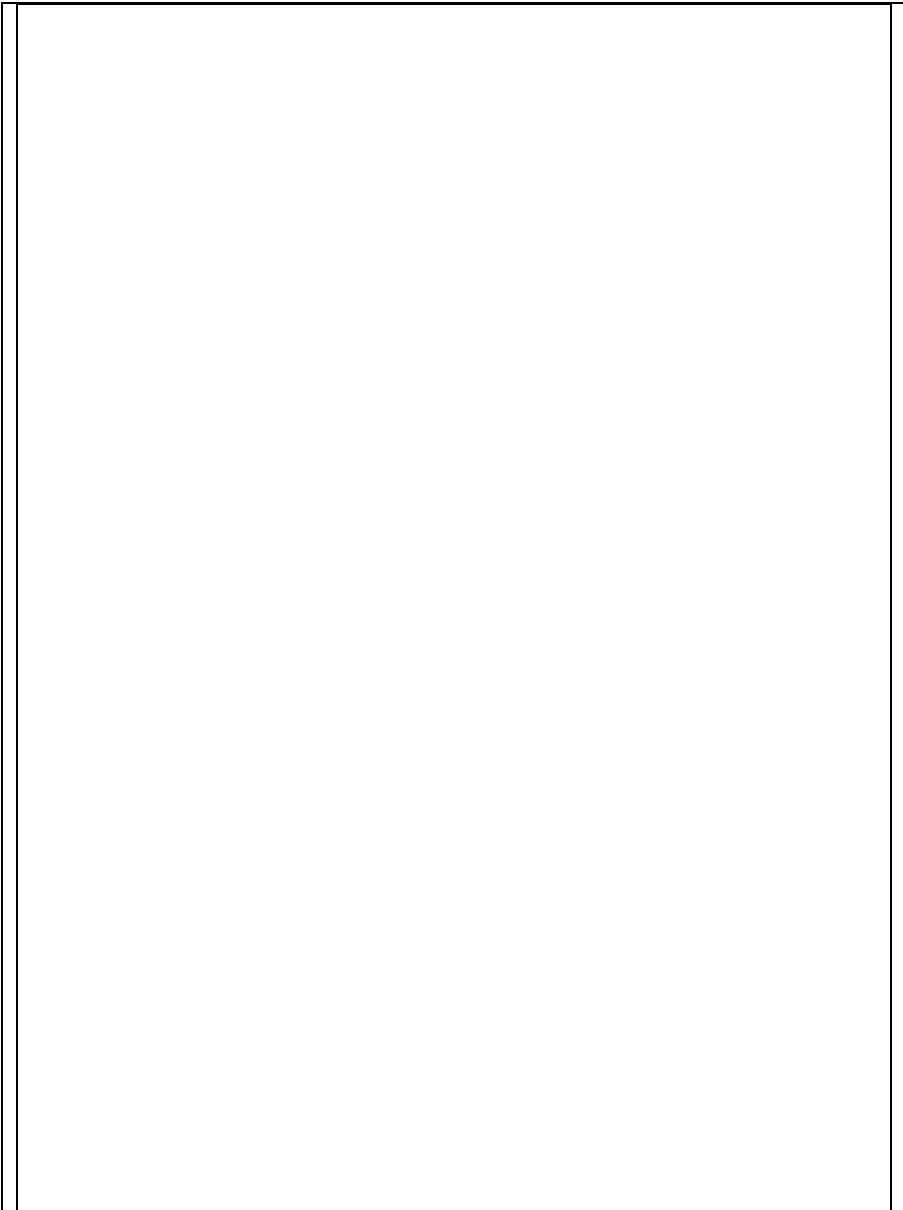
Peringatan: Kamu akan bekerja dengan pegas. Hukum Hooke berlaku untuk pegas yang memiliki sifat elastis. Sifat elastis pegas ada batasnya. Sifat elastis pegas akan hilang apabila pegas diberi beban yang berlebihan. Untuk itu pilih beban yang sesuai dengan karakter pegas. Mulai dengan beban yang kecil terlebih dahulu jangan langsung beban yang besar.

Gambarkan skema rangkaian alat untuk kegiatan eksperimen pegas ini



PENGUKURAN

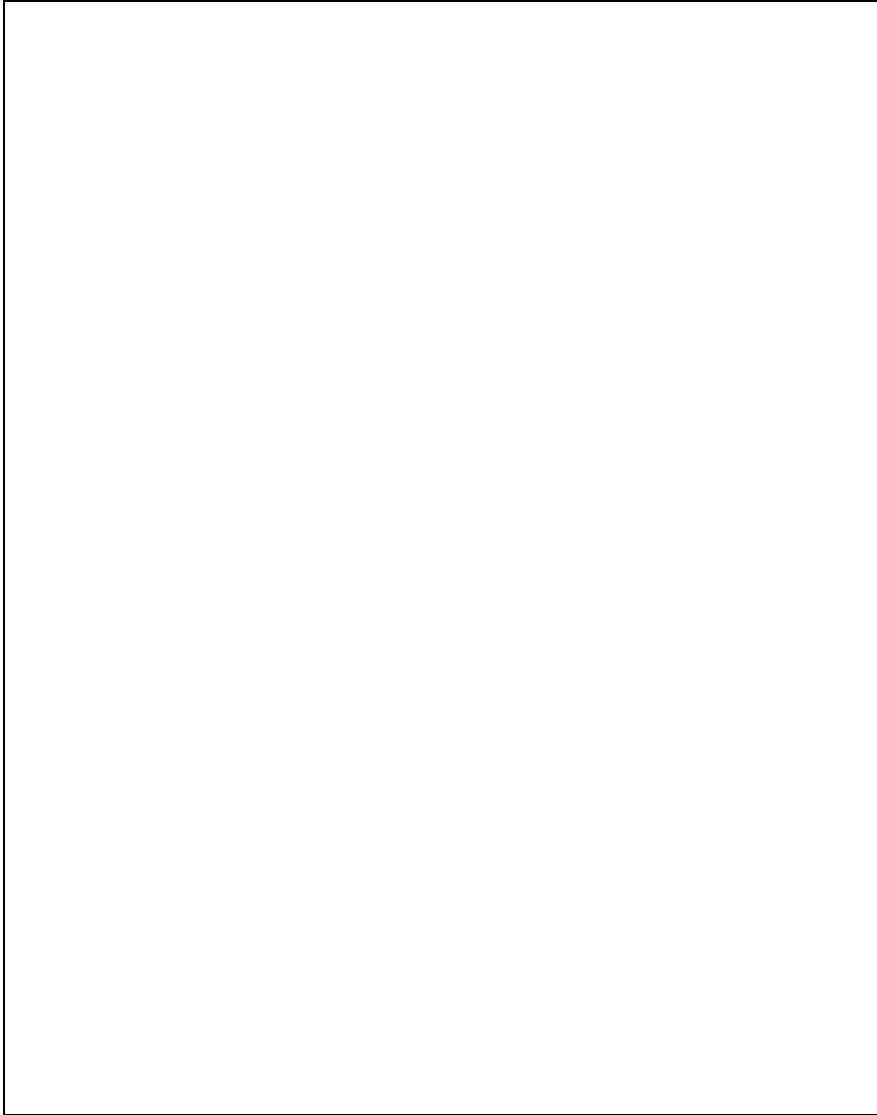
Lakukan pengukuran penambahan panjang pegas dengan penggaris untuk setiap berat beban yang digantungkan. Lakukan percobaan sebanyak 3 kali dengan berat beban gantung yang bervariasi. Pastikan berat beban gantung dengan menggunakan neraca ohaus. Percobaan dilakukan baik untuk pegas sebelum dipotong maupun untuk pegas setelah dipotong.



ANALISIS

Berdasarkan data hasil percobaan, gambarkan grafik berat beban (F) sebagai fungsi pertambahan panjang pegas (Δx) baik untuk pegas sebelum dipotong maupun untuk pegas setelah dipotong. Berdasarkan kemiringan

kurva linier pada kedua grafik yang diperoleh, tentukan konstanta masing-masing pegas sebelum dipotong dan sesudah dipotong.



KESIMPULAN

Apakah nilai konstanta suatu pegas ketika pegas dipotong akan berubah? Faktor apa saja yang mempengaruhi nilai konstanta suatu pegas? Apakah prediksimu sesuai dengan hasil? Jelaskan alasanmu.

MODEL PRAKTIKUM PROBLEM SOLVING LABORATORY
PETUNJUK PRAKTIKUM RADIASI KALOR

REAL WORLD PROBLEM

Keluargamu baru saja pindah rumah dari pesisir pantai yang panas ke daerah pegunungan yang dingin. Untuk mengantisipasi suhu yang sangat dingin ayahmu memutuskan membeli pemanas air tenaga surya agar kamu sekeluarga dapat mandi dengan air panas. Setelah penggunaan selama tiga tahun pemanas air tersebut mengalami kerusakan yaitu elemen pemanas yang sudah tua sehingga tidak dapat memanaskan air secara optimal. Elemen pemanas tersebut seharusnya diganti dengan logas sejenis yaitu plat absorber. Akan tetapi untuk membeli plat absorber tidak bisa dibeli secara eceran dan juga lokasi untuk membeli plat tersebut sangat jauh di kota. Menanggulangi hal tersebut kamu berencana memperbaiki pemanas air tersebut dengan memanfaatkan barang-barang yang ada digudang. Barang-barang yang tersedia di gudang diantaranya dua lembar seng dengan luas 1 m^2 dan $2,5 \text{ m}^2$, dua lembar aluminium dengan luas $1,5 \text{ m}^2$ dan 2 m^2 serta cat dengan warna hitam, putih, biru, hijau dan merah. Kamu kebingungan untuk memilih peralatan mana yang harus digunakan agar dapat bekerja secara efisien dalam memanaskan air.

Pertanyaan Eksperimen: Bagaimana kesamaan fungsi antara seng dan aluminium dengan plat absorber pada water heater?

PERALATAN

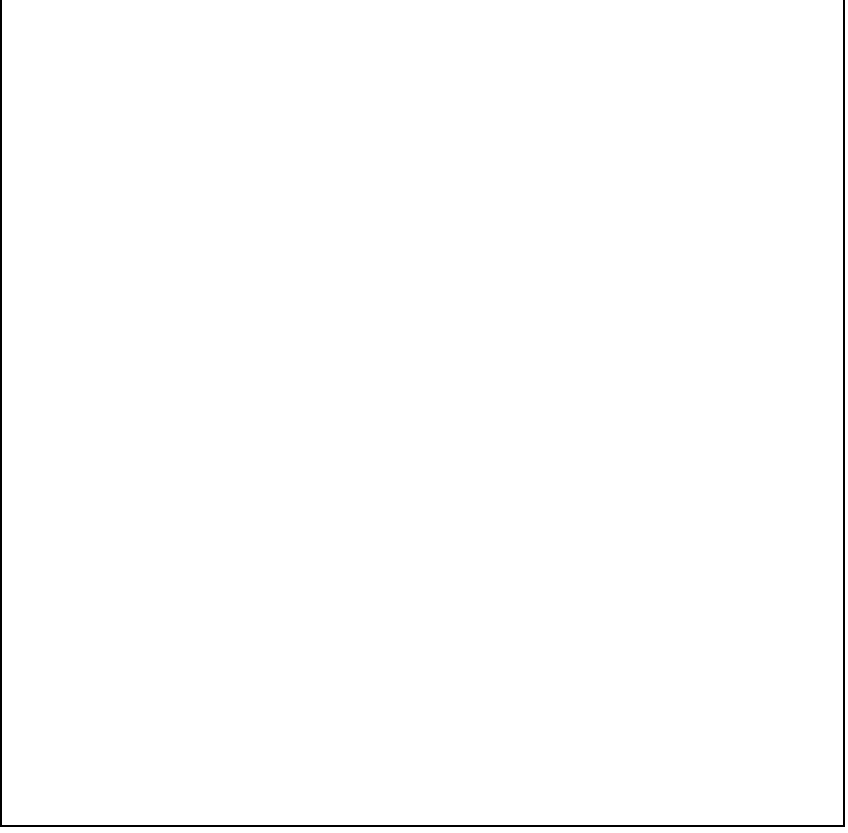
Peralatan apa saja yang diperlukan untuk melakukan kegiatan praktikum ini?

PREDIKSI

sketsa grafik anatara luas penampang dan warna cat terhadap suhu untuk melihat penyerapan kalor oleh seng dan aluminium tersebut! Jelaskan alasanmu.

PERTANYAAN-PERTANYAAN METODE

1. Bagaimanakah langkah awal kegiatan praktikum yang akan anda lakukan untuk menyelesaikan permasalahan pada real problem?

- 
2. Bagaimanakah langkah kegiatan untuk mengetahui pengaruh luas penampang terhadap kenaikan suhu untuk menyelesaikan permasalahan pada real problem? Sket grafik gaya berat terhadap penambahan panjang pegas untuk pegas sudah dipotong!

--

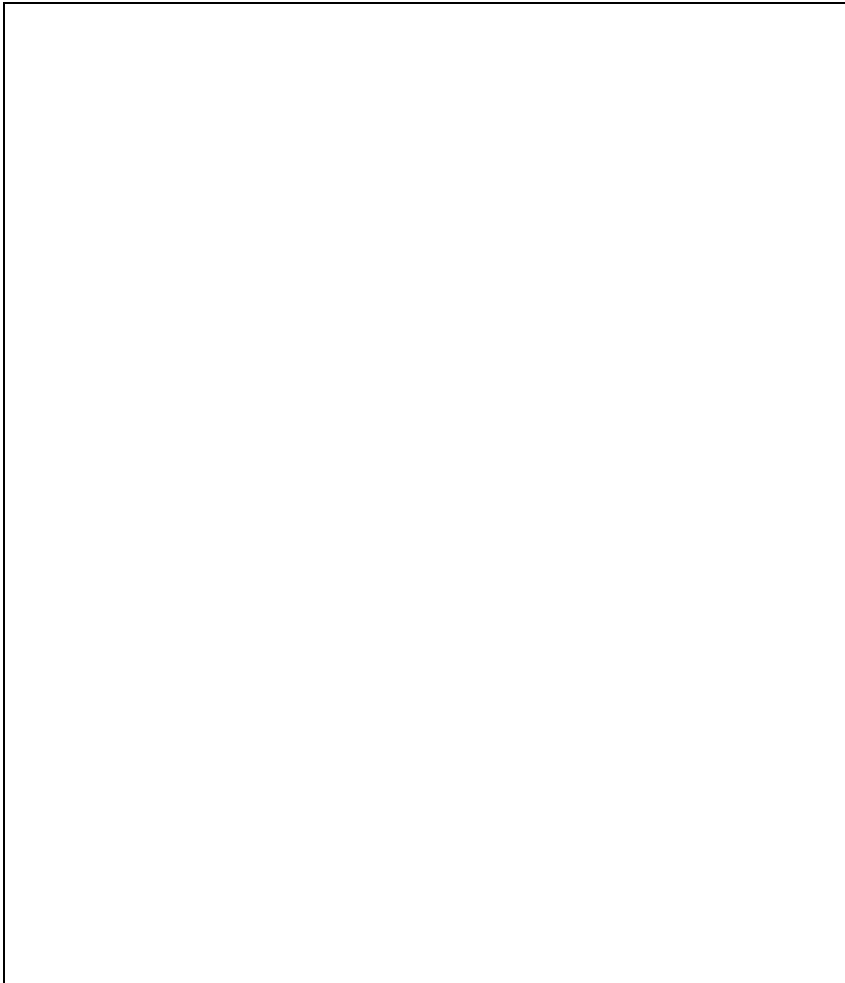
3. Bagaimanakah langkah kegiatan untuk mengetahui pengaruh spectrum terhadap kenaikan suhu untuk menyelesaikan permasalahan pada real problem?

--

EKSPLORASI


PERINGATAN: Kamu akan bekerja dengan pemanas yang dapat menghasilkan panas yang besar. Penggunaan yang tidak dibenarkan dapat menyebabkan luka bakar yang menyakitkan. Untuk menghindari bahaya, kit praktikum radiasi harus dimatikan dan kamu harus menunggu minimal sepuluh menit sebelum kit dibersihkan. Jangan pernah menyentuh elemen pemanas secara langsung.

Sketsa rangkaian yang akan kamu buat untuk mengecek prediksimu. Dapatkah kamu menguji adanya hubungan antara luas penampang pelat uji dan warna pelat uji terhadap kenaikan suhu pelat uji dengan daya yang sama?



PENGUKURAN

Berdasarkan data yang kamu butuhkan untuk menyelesaikan permasalahan pada real problem maka bagaimanakah bentuk set praktikum dan tabel pengamatan untuk mengumpulkan data pada percobaan?



ANALISIS

Berdasarkan data hasil percobaan yang kamu lakukan, bagaimana untuk hubungan antara luas penampang dengan kenaikan suhu, spectrum warna dengan kenaikan suhu serta hubungan luas penampang, spectrum warna dengan penyerapan kalor melalui proses radiasi?

KESIMPULAN

Bagaimanakah hasil percobaan yang kamu lakukan? Bagaimanakah kesinambungan peralatan yang ada untuk menyelesaikan permasalahan pada real problem? Kemukakanlah kesimpulanmu terkait hasil percobaan yang kamu lakukan untuk menyelesaikan permasalahan pada real problem!



BAB 7. MODEL PRAKTIKUM HIGHER ORDER THINKING LABORATORY

A. Pengantar

HOT lab merupakan sebuah model praktikum yang dikembangkan dengan tujuan untuk memberikan kegiatan praktikum yang dapat melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi dan mengembangkan keterampilan-keterampilan abad 21. Model HOT lab dikembangkan dengan menggabungkan model pembelajaran *creative problem solving* (CPS) dan model *problem solving lab* (PSL) (Adam Malik et al., 2017). HOT Lab hadir sebagai inovasi untuk melatih siswa memproduksi solusi baru untuk sebuah permasalahan (Puccio, 1999). CPS sendiri memiliki tiga komponen utama yakni memahami masalah, menghasilkan ide, dan merencanakan pemecahan masalah (Puccio, 1999). Komponen-komponen utama tersebut kemudian dipecah dipecah ke dalam enam tahap CPS yaitu : 1) menemukan keacakan, 2) menemukan data, 3) menemukan permasalahan, 4) menemukan ide, 5) menemukan solusi, 6) menemukan penerimaan (Issaken, Dorval & Treffinger, 1994 dalam Puccio, Murdock, & Mance, 2005)

Selanjutnya *problem solving lab* (PSL) sebagai Inovasi pembelajaran dalam kegiatan praktikum yang memberikan penekanan utama pada aspek pemecahan masalah. kegiatan praktikum PSL memberikan ruang kepada siswa untuk bergantung pada strategi heuristik dalam artian tidak diberikan langkah perumusan solusi secara langsung. Hal ini terlihat dalam ciri khas pada model praktikum ini yang mana tidak dijumpai prosedur terstruktur dan sistematis untuk menyelesaikan masalah melainkan siswa dituntun dengan pertanyaan untuk membangun prosedurnya sendiri.

B. Karakteristik

Terdapat delapan tahapan utama dalam PSL. Kegiatan tersebut meliputi: 1) pengenalan masalah (*introduction to the problem*), 2) deskripsi peralatan (*description of the Equipment*), 3) prediksi hasil (*a Prediction of the outcome*), 4) pertanyaan-pertanyaan metode (*method questions*), 5) eksplorasi (*exploration*), 6) pengukuran (*measurement*), 7) analisis dan kesimpulan (*conclusion*). Kegiatan tersebut kemudian diuraikan ke dalam beberapa langkah kegiatan. Tabel di bawah ini merupakan uraian dari langkah-langkah kegiatan pada HOT lab.

Proses	Tahapan Model	Deskripsi Kegiatan
Memahami tantangan yang diberikan	1. <i>Real World Problem</i>	<p>Disajikan permasalahan sehari-hari, kegiatan siswa meliputi :</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Mengeksplorasi permasalahan yang disajikan b. Menganalisis data dan informasi yang disajikan c. Menganalisis struktur permasalahan yang disajikan. <p>Dalam tahapan ini permasalahan yang diajukan memiliki beberapa karakteristik yakni :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Familiar dengan kehidupan sehari-hari 2) Solusi atas permasalahan tidak bersifat trivial, namun membutuhkan analisis 3) Tidak membutuhkan analisis matematis yang kompleks 4) Solusi hanya bisa diuji melalui kegiatan praktikum
Memproduksi ide-ide	2. Menentukan & Mengevaluasi ide	<p>Kegiatan siswa pada tahapan ini meliputi :</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Menganalisis ide-ide yang diajukan untuk menyelesaikan masalah termasuk relevansi ide dengan informasi yang mendukung b. Mengevaluasi ide-ide yang diajukan untuk melihat efektifitas, kelebihan dan

Proses	Tahapan Model	Deskripsi Kegiatan
		<p>kekurangan pada tiap ide</p> <p>c. Menentukan ide yang terbaik untuk diuji</p>
<p>Mempersiapkan kegiatan praktikum</p>	<p>3. Pertanyaan Eksperimen</p>	<p>Kegiatan siswa pada tahap ini meliputi pemberian tugas untuk menganalisis informasi/clue/data/ fakta tentang kriteria/prinsip kerja sebagai dasar penentuan bahan dan peralatan untuk menguji penyelesaian masalah yang dipilih</p>
	<p>4. Bahan dan Peralatan</p>	<p>Kegiatan siswa pada tahap ini meliputi pemberian tugas untuk menentukan peralatan dan bahan yang akan digunakan untuk menguji penyelesaian masalah yang dipilih</p>
	<p>5. Prediksi</p>	<p>Kegiatan siswa pada tahap ini meliputi pemberian tugas untuk memprediksi hubungan antara variabel-variabel yang akan diukur dalam pengujian</p>
	<p>6. Pertanyaan Metode</p>	<p>Kegiatan siswa pada tahap ini meliputi pemberian tugas untuk menganalisis informasi/ hubungan yang akan digunakan sebagai dasar penyusunan hipotesis, prosedur penelitian, analisis data dan kesimpulan</p>
	<p>7. Eksplorasi</p>	<p>Kegiatan siswa pada tahap ini meliputi:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Menentukan tahapan kegiatan yang akan dilaksanakan b. Menguji rangkaian/ sistem kerja dari ide yang dibuat

Proses	Tahapan Model	Deskripsi Kegiatan
Melaksanakan kegiatan praktikum	8. Pengukuran	Kegiatan siswa pada tahap ini meliputi: <ol style="list-style-type: none"> 1. Pengukuran variabel-variabel yang telah ditentukan 2. Pengumpulan data yang dibutuhkan
	9. Analisis	Kegiatan siswa pada tahap ini meliputi: <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengolah data yang telah dikumpulkan 2. Menganalisis hasil olah data untuk kesimpulan
Mengkomunikasikan & mengevaluasi hasil kegiatan	10. Kesimpulan	Kegiatan siswa pada tahap ini meliputi: <ol style="list-style-type: none"> 1. Menyimpulkan hasil praktikum berdasarkan hasil analisis data 2. Menyimpulkan keefektivan solusi yang diajukan
	11. Presentasi	Kegiatan siswa pada tahap ini yakni mempresentasikan hasil yang diperoleh baik dalam bentuk verbal maupun non-verbal.

C. Panduan Praktikum (LKS)

1. *Real World Problem*

Real World Problem merupakan kegiatan pra eksperimen dari PSL. Kegiatan ini menyajikan masalah dalam kehidupan nyata yang harus diselesaikan oleh siswa dengan melakukan pendekatan kegiatan praktikum. Kegiatan praktikum dilakukan dengan membuat keadaan yang sama dengan kondisi pada *Real World Problem*. Hasil eksperimen kemudian dijadikan pijakan untuk membuat penyelesaian masalah di dunia nyata. Pada bagian real world problem, siswa juga dituntut untuk mengidentifikasi permasalahan yang harus diselesaikan dengan membuat pertanyaan praktikum.

Sebagai contoh, berikut disajikan bentuk *Real World Problem* dalam praktikum PSL dan pertanyaan penelitian yang dihimpun.

REAL WORLD PROBLEM

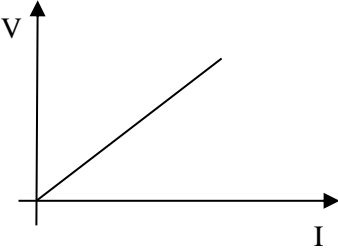
Tim penelitimu telah membuat perangkat untuk memonitoring konten lapisan ozon di atmosfer untuk menentukan sejauhmana tingkat lubang ozon di atas kutub. Kamu ditetapkan untuk bertugas dan menjaga peralatan selama musim dingin di kutub selatan dengan tidak ada pasokan yang diperoleh. Ketika salah satu bagian dari peralatan tidak berfungsi, kamu harus mengganti dua resistor. Sayangnya kamu hanya memiliki satu resistor dan satu lampu pijar tetapi kamu tidak yakin jika lampu pijar dapat berperilaku sama seperti sebuah resistor untuk membuat rangkaian berfungsi. Kamu memutuskan untuk membuat perbandingan langsung.

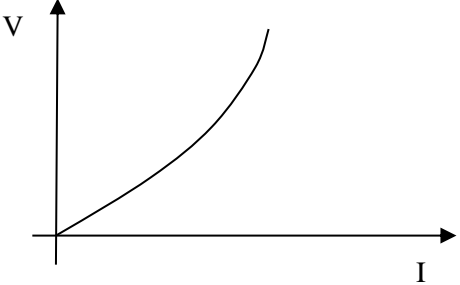
Masalah Eksperimen: *Bagaimana persamaan antara sebuah lampu pijar dan sebuah resistor? Apa perbedaannya dalam hal kelistrikan?*

2. Pertanyaan Konseptual

Tahap ini mengarahkan siswa untuk dapat memberikan argumen dan pilihan teoritik yang melandasi upaya penyelesaian masalah. Tahap ini mengkonfirmasi kemampuan dan konsep dasar siswa sebelum melakukan kegiatan praktikum. Tujuannya adalah agar siswa tidak asal-asal dalam merumuskan solusi akan tetapi disertai dengan pemahaman konsep yang sudah kuat. Pengajuan pertanyaan konseptual pada dasarnya memudahkan siswa untuk dapat mengajukan prediksi yang lebih baik. Sehingga untuk pelaksanaannya conceptual question juga termasuk kedalam tahapan pra-eksperimen.

Berikut ini adalah contoh pertanyaan konsep dan jawabannya untuk *Real World Problem* sebelumnya.

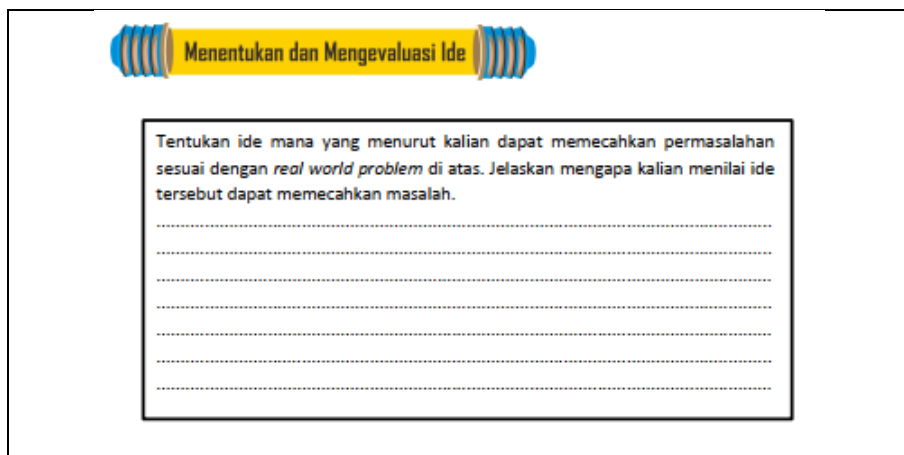
Bagaimana hubungan antara arus yang melalui resistor dan tegangan yang melewati resistor jika resistor itu dibuat dari material ohmik? Gambar grafik tegangan terhadap arus untuk resistor ini. Bagaimana	
---	--

kemiringan grafik berkaitan dengan resistansinya?	Menurut hukum Ohm $R = V/I$, pada grafik di samping V/I adalah kemiringan grafik linier $V = f(I)$. Jadi nilai hambatan resistor $R =$ kemiringan dari grafik $V = f(I)$.
Ketika arus yang mengalir pada lampu pijar semakin besar maka lampu lebih terang. Seperti halnya lebih terang maka akan lebih panas. Prediksikan olehmu efek kenaikan suhu terhadap resistansi lampu pijar? Jika begitu, bagaimana? Sketsa grafik tegangan terhadap arus untuk lampu pijar.	<p>Ya, hambatan filamen lampu (penghantar) bergantung pada temperaturnya, semakin tinggi temperatur semakin besar hambatan jenisnya menurut persamaan $\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta T)$. Semakin besar hambatan jenis maka semakin besar hambatan listrik penghantar menurut persamaan $R = \rho \ell/A$. Suhu penghantar berasal dari disipasi daya listrik pada penghambat (penghantar), semakin besar disipasi daya listrik pada penghambat maka semakin besar temperatur yang dihasilkan. Disipasi daya pada penghambat dirumuskan sebagai $P = I^2R$ atau $P = V^2/R$, sehingga ketika V atau I dalam rangkaian semakin besar maka disipasi daya listrik makin besar, efeknya temperatur penghambat akan makin tinggi. Ketika temperatur makin tinggi maka hambatan penghantar makin tinggi, sehingga grafik hubungan V terhadap I untuk lampu pijar adalah sebagai berikut:</p> 

3. Menentukan dan Mengevaluasi Ide

Sedikit berbeda dengan model praktikum PSL, HOT Lab dalam upaya penyelesaian masalah melalui praktikum HOT Lab siswa diberi kondisi keterbatasan yang mana kondisi ini akan melatih kemampuan berpikir kreatif siswa. Kondisi keterbatasan biasanya bersifat khusus yang memaksa siswa

untuk memilih ide yang disajikan. Mengevaluasi ide pada dasarnya membutuhkan pengetahuan dasar yang kuat. Berikut adalah contoh pertanyaan dan arahan kegiatan menentukan dan mengevaluasi ide.



Menentukan dan Mengevaluasi Ide

Tentukan ide mana yang menurut kalian dapat memecahkan permasalahan sesuai dengan *real world problem* di atas. Jelaskan mengapa kalian menilai ide tersebut dapat memecahkan masalah.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Pertanyaan Eksperimen

Pertanyaan eksperimen memiliki karakteristik yang serupa dengan pertanyaan penuntuk pada kegiatan eksperimen inkuiri. Pertanyaan eksperimen ini bertujuan untuk membimbing siswa dalam melakukan kegiatan praktikum dengan memberikan jawaban yang tidak membutuhkan jawaban langsung. Perbedaannya adalah pertanyaan eksperimen juga dikaitkan dengan salah satu konsep yang dianalisis dalam kegiatan praktikum. Berikut adalah contoh pertanyaan eksperimen.

Pertanyaan Eksperimen

Apakah nilai konstanta sebuah pegas bergantung pada ukuran panjang pegas?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. Prediksi/Hipotesis

Hipotesis merupakan anggapan dasar dan prediksi sementara. Siswa diminta untuk memberikan dugaan mereka terhadap hasil dan kesimpulan dari praktikum yang sedang meeka lakukan. Hipotesis harus bersifat ilmiah yang artinya didasarkan pada pola arguentasi ilmiah. Hipotesis harus diajukan sebelum melaksanakan kegiatan praktikum yang konten dan isi dari hipotesis yang diajukan merujuk pada tujuan dan rumusan masalah praktikum. Berikut ini adalah contoh hipotesis praktikum yang diajukan.

Rumusan Masalah Deskriptif

Bagaimanakah kontribusi konstanta pegas terhadap penambahan panjang pegas?

Hipotesis

Konstanta pegas (k) merupakan besaran yang bersifat menghambat. Semakin besar nilai k maka semakin kecil pertambahan panjang yang terjadi. Hal ini sesuai dengan hubungan $F = -k \cdot dx$. dan kesetaraan antara $k \approx Y$.

6. Bahan dan Peralatan

Equipmen merupakan peralatan dan bahan yang digunakan selama kegiatan praktikum. Penyajian tahapan ini kedalam modul bertujuan untuk merekam apakah siswa dapat mengidentifikasi peralatan yang mereka butuhkan secara efektif dan efisien. Dalam pelaksanaannya, sebaiknya

guru/staf laboratorium tidak menyiapkan peralatan langsung karena hal ini akan membuat siswa menjadi tidak berpikir kritis. Dengan memberikan kesempatan kepada siswa memilih peralatan yang menurut mereka butuhkan maka siswa akan terlatih untuk berpikir kritis. Berikut adalah contoh peralatan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

Peralatan yang tersedia	Peralatan yang dipilih
<i>power supply</i> , sebuah multimeter digital (amperemeter, voltmeter), sebuah lampu pijar dan sebuah resistor, capasitor, baterai, roject board, papan rangkaian, LED, termomete, stopwach.	<i>power supply</i> , sebuah multimeter digital (amperemeter, voltmeter), sebuah lampu pijar dan sebuah resistor.

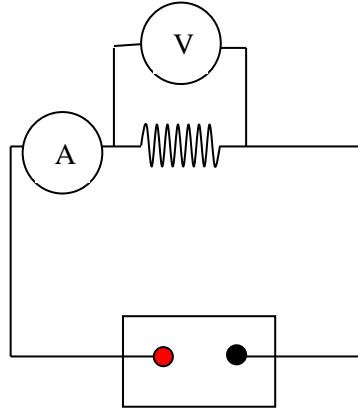
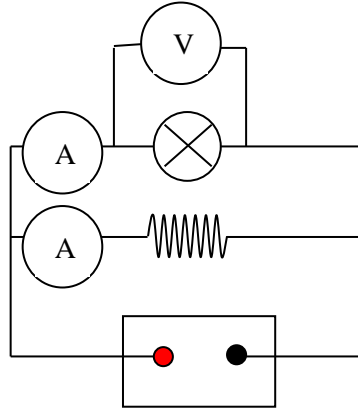
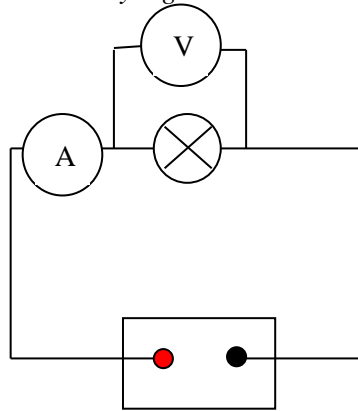
7. Eksplorasi

Tahappa eksplorasi merupakan salah satu tahapan penting sebelum melaksanakan kegiatan pengukuran. Kegiatan eksplorasi lebih bertajuk teknis praktikum dimana siswa diarahka untuk menentukan dan meneksplor berbagai variabel yang berkaitan dengan kebutuhan analisis serta peralatan serta teknik yang harus mereka lakukan selama praktikum. Pada kegiatan eksplorasi peran dari guru adalah menekankan kepada siswa untuk selalu memperhatikan keselamatan selama di praktikum dan meningkatkan kehati-hatian mengingat beberapa peralatan sangat rentan rusak dan dapat mencelakai praktikan.

Selain itu, siswa juga harus menggambar rangkaian atau setup peralatan yang akan digunakan untuk mendapatkan data. Hal ini sangat penting karena ketika setup rangkaian salah akan menyebabkan hasil pengukuran yang eror dan pembuatan kesimpulan yang salah. Berikut ini adalah contoh tahapan dari kegiatan eksplorasi.

PERINGATAN: Kamu akan bekerja dengan power supply yang dapat menghasilkan tegangan listrik yang besar. Penggunaan yang tidak dibenarkan dapat menyebabkan luka bakar yang menyakitkan. Untuk menghindari bahaya, power supply harus dimatikan dan kamu harus menunggu minimal satu menit sebelum kabel tidak dihubungkan atau dihubungkan ke power supply. Jangan pernah menggenggam kabel di ujung logam.

Sketsa rangkaian yang akan kamu buat untuk mengecek prediksimu. Dapatkah kamu menguji keduanya antara lampu pijar dan resistor pada saat bersamaan? Apakah ini ide yang baik?



8. Pengukuran

Kegiatan pengukuran merupakan kegiatan pengumpulan data untuk kebutuhan analisis dan menjawab pertanyaan eksperimen. Proses pengukuran dilakukan dengan seksama dan tetap memperhatikan keselamatan. Data hasil pengukuran direkap kedalam tabel pengamatan. Berikut adalah contoh tabel pengamatan dari praktikum sebelumnya.

Terdapat tiga metode untuk menentukan resistansi listrik dari sebuah resistor:

- Gunakan tabel yang tersedia di laboratorium untuk menentukan resistansi resistor berdasarkan kode warna. Tentukan nilai ketidakpastiannya.*

<i>Jenis resistor</i>	<i>Kode warna</i>	<i>Besar resistor dan nilai ketidakpastiannya ($R \pm \Delta R$)</i>
<i>Resistor 1</i>	<i>Kuning-ungu-hitam-emas</i>	$47 \Omega \pm 2,35 \Omega$
<i>Resistor 2</i>	<i>Cokelat-hitam-cokelat-emas</i>	$100 \pm 5 \Omega$

- Gunakan multimeter digital dan setting ke ohm untuk mengukur resistansi resistor. Tentukan nilai ketidakpastiannya. Mengapa prosedur ini tidak cukup membantu dengan menggunakan sebuah lampu pijar?*

<i>Jenis Resistor</i>	<i>Besar resistor dan nilai ketidakpastiannya ($R \pm \Delta R$)</i>
<i>Resistor 1</i>	$46,0 \Omega \pm 1,0 \Omega$
<i>Resistor 2</i>	$99,0 \Omega \pm 1,0 \Omega$

- Gunakan power supply, multimeter digital dan resistor untuk menentukan tegangan yang melewati resistor dan ukur arus yang melewati resistor untuk beberapa tegangan yang berbeda. Tentukan nilai ketidakpastiannya dari resistansi yang diperoleh dari metode ini.*

Data hasil percobaan lampu pijar

<i>No.</i>	<i>V (Volt)</i>	<i>ΔV (Volt)</i>	<i>I_{lampu} (Ampere)</i>	<i>ΔI_{lampu}</i>
<i>1</i>	<i>3</i>	<i>0,1</i>	<i>0,2</i>	
	<i>3</i>	<i>0,1</i>	<i>0,2</i>	
	<i>3</i>	<i>0,1</i>	<i>0,2</i>	
<i>2</i>	<i>6</i>	<i>0,1</i>	<i>0,3</i>	
	<i>6</i>	<i>0,1</i>	<i>0,3</i>	

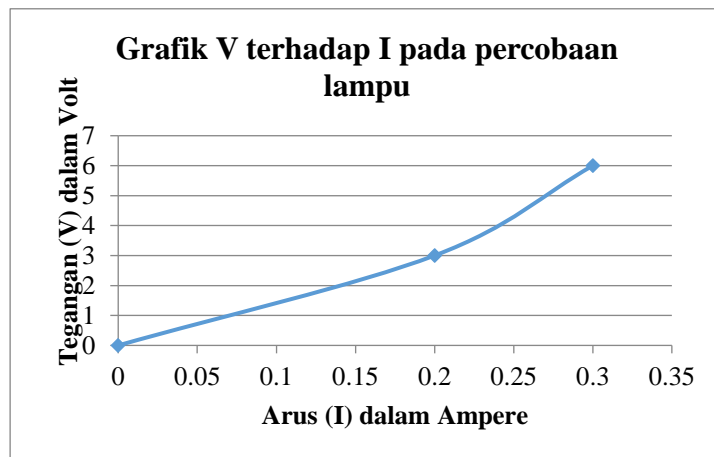
	6	0,1	0,3		0,01
Data hasil percobaan resistor 47 ohm					
No.	V (Volt)	ΔV (Volt)	$I_{resistor}$ (Ampere)	$\Delta I_{resistor}$	
1	3	0,1	0,08		
	3	0,1	0,08		
	3	0,1	0,08		
2	6	0,1	0,12		
	6	0,1	0,12		
	6	0,1	0,12		
Data hasil percobaan resistor 100 ohm					
No.	V (Volt)	ΔV (Volt)	$I_{resistor}$ (Ampere)	$\Delta I_{resistor}$	
1	3	0,1	0,04		
	3	0,1	0,04		
	3	0,1	0,04		
2	6	0,1	0,06		
	6	0,1	0,06		
	6	0,1	0,06		
Data hasil percobaan lampu dan resistor 47 ohm					
No.	V (Volt)	ΔV (Volt)	I_{lampu} (Ampere)	ΔI_{lampu} (Ampere)	$I_{resistor}$ (Ampere)
1	3	0,1	0,2	0,01	0,06
	3	0,1	0,2	0,01	0,06
	3	0,1	0,2	0,01	0,06
2	6	0,1	0,3	0,01	0,12
	6	0,1	0,3	0,01	0,12
	6	0,1	0,3	0,01	0,12
Data hasil percobaan lampu dan resistor 100 ohm					
No.	V (Volt)	ΔV (Volt)	I_{lampu} (Ampere)	ΔI_{lampu} (Ampere)	$I_{resistor}$ (Ampere)
1	3	0,1	0,2	0,01	0,04
	3	0,1	0,2	0,01	0,04
	3	0,1	0,2	0,01	0,04
2	6	0,1	0,3	0,01	0,06
	6	0,1	0,3	0,01	0,06
	6	0,1	0,3	0,01	0,06

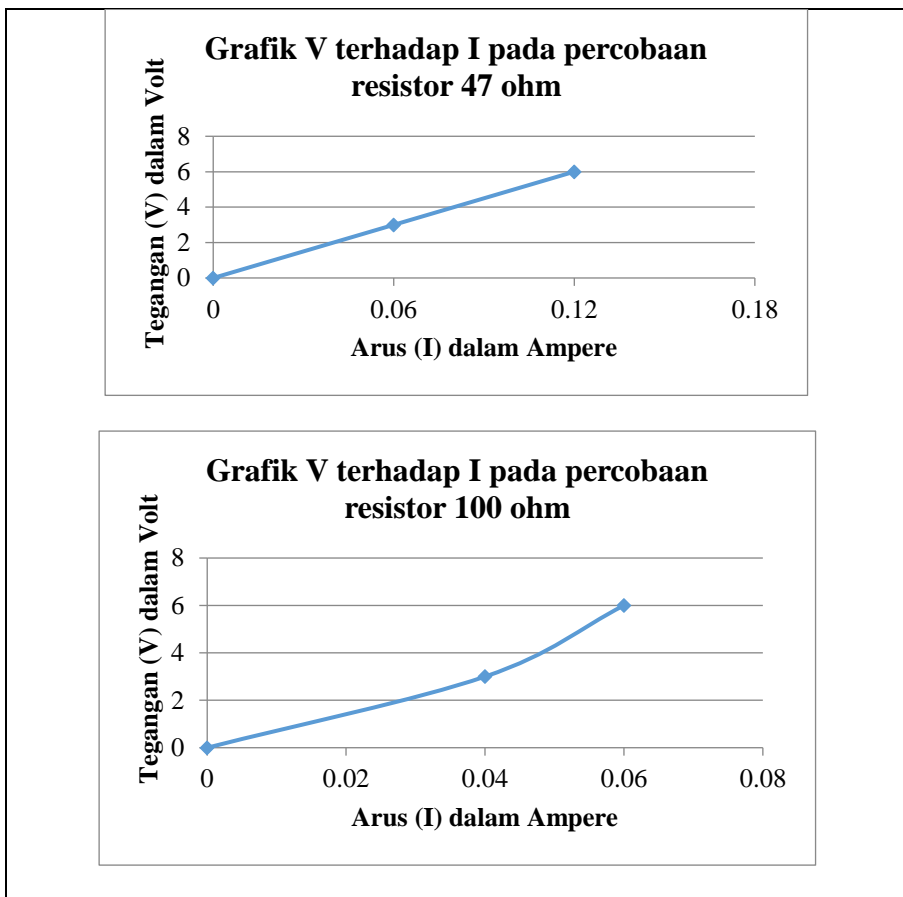
9. Analisis

Analisis merupakan tahapan untuk mensintesis dan melakukan pengecekan terkait konsep. Data yang dianalisis bukanlah data mentah, melainkan data yang sudah diolah terlebih dahulu. Pengolahan data dapat dilakukan dengan metoda manual ataupun dengan menggunakan bantuan aplikasi pengolahan angka. Pengolahan data bertujuan untuk melihat kecenderungan data dan tingkat keakuratan data. Setelah mendapatkan nilai dan besaran yang dibutuhkan maka dilakukan analisis data. Analisis dilakukan dengan merujuk pada pertanyaan eksperimen yang diajukan. Meskipun demikian, analisis tidak bersifat kaku sehingga siswa/peneliti juga dapat mengeksplor temuan mereka pada tahap analisis yang diiringi dengan konfirmasi pada konsep dasar dan temuan peneliti sebelumnya. Berikut ini adalah contoh analisis data yang dilakukan berkaitan dengan permasalahan yang ditemukan.

Buat grafik tegangan terhadap arus untuk resistor dan lampu pijar. Bagaimana nilai resistansinya bandingkan dengan menggunakan metode yang berbeda.

(Data hasil pengukuran ditranslasi ke grafik)





10. Kesimpulan

Bagian akhir dari praktikum PSL adalah merumuskan kesimpulan yang didasarkan pada temuan percobaan. Kesimpulan dirumuskan sedemikian rupa dan memiliki arah jawaban pertanyaan praktikum. Berikut adalah contoh kesimpulan yang dibuat untuk menjawab pertanyaan penelitian.

Apakah kode warna resistor dan lampu pijar keduanya resistor ohmik? Jika demikian, bagaimana resistansinya? Apakah prediksimu sesuai dengan hasil? Jika tidak, kamu dapat menggunakan lampu pijar dengan beberapa rentang terbatas tegangan? Berapa rentangnya? Jelaskan alasanmu.

(Kesimpulan dari hasil analisis data, berdasarkan kesimpulan ini maka solusi atas permasalahan di atas dapat ditentukan)

*Ya, keduanya resistor ohmik. Lampu pijar mempunyai hambatan dalam yang terdapat dalam lampu tersebut. Hal itu dapat dibuktikan dengan melakukan pengukuran tegangan. Berdasarkan hasil percobaan, tegangan sumber yang sudah diukur sebelumnya ternyata tidak sama dengan tegangan lampu pijar yang terukur. Perbedaan tegangan tersebut menunjukkan adanya hambatan dalam lampu.
Hasil percobaan sesuai dengan teori karena arus sebanding dengan beda potensial (tegangan):*

$$I \propto V$$

Semakin tinggi tegangan yang diberikan maka semakin besar arus yang mengalir. Selain itu, semakin tinggi resistansi semakin kecil arus untuk suatu tegangan. Hubungan tersebut dapat dibuktikan melalui grafik tegangan terhadap arus pada beberapa percobaan yang telah dilakukan. Berdasarkan grafik tegangan terhadap arus tersebut kita juga dapat menentukan nilai hambatan resistor R melalui kemiringan dari grafik tersebut.

Untuk lampu pijar ketika V atau I dalam rangkaian semakin besar maka disipasi daya listrik makin besar, efeknya temperatur penghambat akan makin tinggi. Ketika temperatur makin tinggi maka hambatan penghantar makin tinggi. Kemiringan grafik V terhadap I dari lampu pijar tidak linear jika dibandingkan dengan resistor.

Jadi lampu pijar memiliki karakteristik yang sama dengan resistor ketika tegangan yang dihubungkan bernilai kecil dan waktunya singkat, tetapi ketika tegangan bertambah besar dan waktunya lama maka karakteristiknya berbeda karena ada faktor temperatur yang mempengaruhi.

11. Presentasi

Presentasi merupakan pengembangan tahapan yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk dapat menyampaikan hasil temuan dan analisis mereka. Kegiatan ini berupaya membangun kemampuan komunikasi dan argumen ilmiah siswa yang didasarkan pada data hasil percobaan. Presentasi dapat dilakukan dengan membuat power poin dan presentasi oral ataupun dengan melakukan presentasi visual melalui pembuaatn desain poster.

D. Contoh

PETUNJUK PRAKTIKUM HOT LAB

REAL WORLD LABORATORY

Kamu dan rekan-rekanmu pergi menggunakan mobil menuju daerah pegunungan untuk mendaki sebuah gunung. Sepanjang jalan menuju pegunungan terjadi hujan deras disertai angin kencang, Saat mobil melewati jalan yang di sebelahnya terdapat tebing tiba-tiba terjadi longsor, yang menyebabkan jalan tidak dapat dilalui dari dua arah karena ada sebuah batu besar yang berada di tengah jalan, seperti tampak pada gambar berikut.



Hal ini menyebabkan kemacetan dari dua arah, untuk mengurai kemacetan, kamu dan rekanmu berinisiatif untuk memindahkan batu tersebut dari tengah jalan. Sayangnya, di lokasi kejadian tidak ada pengungkit dan pemecah batu yang dapat digunakan untuk memindahkan batu tersebut. Batu yang menghalangi jalan cukup besar dengan berat sekitar 600 N, jika hanya menggunakan tangan akan sangat sulit karena gabungan tenaga kamu dan rekanmu tidak akan kuat untuk memindahkan batu tersebut. Gaya tarik yang dibutuhkan untuk memindahkan batu tersebut diperlukan gaya minimal sebesar 300 N.

Akhirnya kamu dan rekan-rekanmu memutuskan untuk memanfaatkan peralatan pendakian yang ada di dalam mobil untuk memindahkan batu tersebut. Peralatan pendakian yang dimiliki tali karmantel (tali yang digunakan untuk memanjat) dan *carabiner* (cincin kait yang menghubungkan alat satu dengan yang lain). Dengan peralatan yang ada tersebut, kamu dan rekanmu berinisiatif untuk memindahkan batu tersebut dari tengah jalan.

Beberapa rekanmu memberikan pendapat tentang cara memindahkan batu besar dari tengah jalan dengan menggunakan tali karmantel dan *carabiner* dengan memanfaatkan prinsip gaya dan usaha. Adapun pendapat yang disampaikan rekan-rekanmu terdiri dari:

1. Menurut Nanda batu besar yang terdapat di tengah jalan tersebut dipindahkan dengan cara seperti pada gambar di bawah ini.



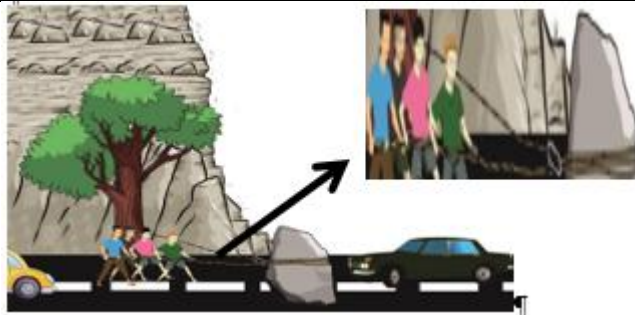
Dengan alasan, jika tali karmantel diikat seperti pada gambar di atas maka gaya yang dikerahkan kamu dan rekanmu menjadi dua kali lipat. Dengan demikian gaya total yang dapat dikerahkan untuk memindahkan batu besar sebesar 600 N sehingga kamu dan rekanmu dapat memindahkan batu besar tersebut.

2. Rekannya yang lain Dodi menyarankan batu besar yang terdapat di tengah jalan tersebut dipindahkan dengan cara seperti pada gambar di bawah ini.



Dengan alasan, jika tali karmantel diikat seperti pada gambar di atas berat batu besar menjadi $\frac{1}{2}$ kali lipat dari sebelumnya. Dengan demikian berat batu besar menjadi 300 N sehingga kamu dan rekanmu dapat memindahkan batu besar tersebut.

3. Lain lagi dengan saran yang diajukan Amin agar batu besar yang terdapat di tengah jalan tersebut dipindahkan dengan cara seperti pada gambar di bawah ini.



Dengan alasan, jika tali karmantel diikat seperti pada gambar di atas maka gaya yang berat batu besar menjadi $\frac{1}{2}$ kali lipat dari sebelumnya. Dengan demikian berat batu besar menjadi 300 N sehingga kamu dan rekanmu dapat memindahkan batu besar tersebut.

Kamu bingung dengan banyaknya pendapat yang diajukan rekan-rekan mu, pendapat mana yang perlu dipilih. Untuk memastikan pendapat siapa yang paling tepat maka kelompok kamu melakukan kegiatan pengujian langsung terhadap ketiga saran yang diusulkan.

PERTANYAAN EKSPERIMEN

Apakah dengan gaya kuasa yang kecil dapat menarik sebuah beban yang memiliki berat yang lebih besar? Jelaskan

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....
.....

BAHAN DAN PERALATAN

Tentukan bahan dan peralatan apa saja yang diperlukan untuk melakukan eksperimen sesuai dengan *Real World Problem* di atas.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

PREDIKSI

Bagaimana sebuah beban yang memiliki berat *W* dapat ditarik dengan gaya kuasa sebesar $\frac{1}{2} W$?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

PERTANYAAN METHOD

- 1. Bagaimana pembagian gaya berpengaruh terhadap gaya kuasa yang dikerahkan untuk menarik suatu beban yang memiliki berat yang lebih besar?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

- 2. Usaha yang dilakukan bergantung pada gaya yang dikerahkan terhadap benda, arah gaya kuasa dan perpindahan. Apakah kamu punya dugaan bahwa usaha pada suatu benda akan bertambah besar jika gaya yang dikerahkan terhadap benda diperbesar dan perpindahan benda semakin jauh. Jika ya, bagaimana perubahannya? Tentukan hubungan gaya dan perpindahan dengan usaha.

.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

PENGUKURAN

Lakukan pengukuran berat beban secara langsung dengan neraca pegas dan pengukuran berat beban dengan cara pembagian gaya kuasa dengan bantuan katrol tunggal bergerak dan neraca pegas. Kemudian bandingkan hasil pengukuran terhadap berat beban tersebut. Lakukan percobaan minimal sebanyak tiga kali. Pastikan berat benda diukur dengan menggunakan neraca pegas, dan hindari kesalahan paralaks dalam melihat skala dalam neraca pegas.

Data hasil pengukuran diolah dan dihitung menggunakan kalkulator atau program software Excel atau Math Lab untuk menentukan pengaruh pembagian gaya terhadap gaya kuasa yang dikerahkan untuk menarik suatu beban yang memiliki berat yang lebih besar.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ANALISIS

Berdasarkan data hasil percobaan, tentukan pengaruh pembagian gaya terhadap gaya kuasa yang dikerahkan untuk menarik suatu beban yang memiliki berat yang lebih besar.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

BAB 8. MODEL PRAKTIKUM MULTIPLE SKILL

A. Pengantar

Pengembangan model praktikum multiple skill memiliki fokus untuk mengembangkan modul praktikum HOT-Lab. Hal yang mendasari adalah analisis kebutuhan untuk memenuhi kompetensi yang diharapkan dari pembelejaran sains pada abad 21. Adapun hasil analisis kebutuhan untuk kegiatan pengembangan modul dari HOT-Lab menjadi Multiple Skills adalah sebagai berikut:

1. Keterbatasan dalam pemberian opsi penyelesaian masalah sehingga aspek kreativitas kurang dapat dikemabnagkan.
2. Langkah brainstorming dan diskusi ilmiah belum muncul secara eksplisit dalam kegiatan praktikum HOT-Lab.
3. Pada model HOT-Lab belum terdapat langkah eksplanasi yang bertujuan untuk menjelaskan proses dan hasil praktikum.
4. Tahapan evluasi dan refleksi setelah melaksanakan praktikum belum diseratakan pada rangkaian kegiaiatan HOT-Lab sebagai penguatan dari temuan dan pemberian feedback terkait pelaksanaan praktikum.

Aspek pengembangan yang dilakukan difokuskan untuk memenuhi kebutuhan yang terdapat pada poin 1-4. Proses pengembangan yang dilakukan diharapkan mampu memberikan kompetensi berupa

- a. Dapat mengoptimalkan aspek kemampuan berpikir kreatif melalui pemberian kesempatan kepada siswa untuk menyampaikan ide-ide penyelesaian masalah yang tidak disediakan oleh guru.
- b. Dapat meningkatkan kemampuan komunikasi dan kolaborasi siswa melalui kegiatan diskusi dan tukar pendapat terkait perumusan solusi untuk menyelesaikan maslaah. Hal yang dijadikan bahan diskusi merupakan ide-ide dan pilihan solusi yang disediakan dalam modul.
- c. Dapat mengoptimalkan kemampuan berpikir kreatif dan kritis siswa melalui pemberian pertanyaan-pertanyaan yang jawabannya dapat ditemukan melalui kegiatan praktikum yang sedang dilakukan.
- d. Dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa melalui tahapan evaluasi dan refleksi. Kegiatan ini dibimbing oleh guru sebagai fasilitator pembelajaran dan memberikan penguatan (reinforcement).

B. Karakteristik

Sebagai hasil pengembangan dari model praktikum HOT Lab, model praktikum multiple skill memiliki karakteristik dan langkah kegiatan yang tidak jauh berbeda dengan praktikum HOT Lab. Perbedaan yang ditemukan

hanya pada aspek argumentasi ide dan tahapan evaluasi refleksi. Berikut adalah tahapan kegiatan dalam model praktikum multiple skill.

Table 6. Karakteristik Kegiatan pada Praktikum Multiple Skill

Sesi Kegiatan	Kegiatan mahasiswa	Deskripsi Kegiatan
Sesi Pra-Praktikum :	<i>Orientasi Permasalahan terkait Fenomena Alam</i>	Disajikan permasalahan sehari-hari, kegiatan praktikan meliputi : <ol style="list-style-type: none"> a. Mengeksplorasi permasalahan yang disajikan b. Menganalisis data dan informasi yang disajikan c. Menganalisis struktur permasalahan yang disajikan Dalam tahapan ini permasalahan yang diajukan memiliki beberapa karakteristik yakni : <ol style="list-style-type: none"> 1. Familiar dengan kehidupan sehari-hari 2. Bersifat objektif 3. Memuat motivasi 4. Terdapat keterbatasan dalam hal penyelesaian masalah 5. Terdapat pilihan alternatif jawaban 6. Solusi atas permasalahan tidak bersifat trivial, namun membutuhkan analisis 7. Analisis tidak bersifat matematis 8. Solusi hanya bisa diuji melalui kegiatan percobaan 9. Menerapkan konsep-konsep atau prinsip-prinsip dasar fisika 10. Membutuhkan dua atau lebih langkah dalam hal penyelesaian masalah
	<i>Problem Solving</i>	Kegiatan praktikan pada tahap ini meliputi pemberian tugas untuk menganalisis informasi/petunjuk/data/ fakta tentang kriteria/prinsip kerja sebagai dasar penentuan bahan dan peralatan untuk menguji penyelesaian masalah yang dipilih
	Menentukan dan Mengevaluasi ide	Kegiatan praktikan pada tahapan ini meliputi: <ol style="list-style-type: none"> a. Menganalisis ide-ide yang diajukan untuk menyelesaikan masalah termasuk relevansi ide dengan informasi yang mendukung

Sesi Kegiatan	Kegiatan mahasiswa	Deskripsi Kegiatan
		<p>b. Mengevaluasi ide-ide yang diajukan untuk melihat efektivitas, kelebihan dan kekurangan pada setiap ide</p> <p>Menentukan ide yang terbaik untuk dijadikan sebagai jawaban atas permasalahan <i>Real World Problem</i></p>
	Menjawab Pertanyaan Metode (Konseptual)	<p>Pertanyaan ini akan membantu dalam menjawab pertanyaan prediksi dan membantu dalam merencanakan bagaimana cara menganalisis data.</p> <p>Kegiatan praktikan pada tahap ini meliputi pemberian tugas untuk menganalisis informasi/ hubungan yang akan digunakan sebagai dasar penyusunan hipotesis, prosedur percobaan, analisis data dan kesimpulan.</p>
	Mengajukan Prediksi	<p>Kegiatan praktikan pada tahap ini meliputi pemberian tugas untuk memprediksi hubungan antara variabel-variabel yang akan diukur dalam pengujian</p> <p>Praktikan harus merumuskan prediksi tentang apa yang akan terjadi sebelum mengumpulkan dan menganalisis data.</p>
	Mendesain Eksperimen	Mahasiswa mendesain eksperimen yang akan dilakukan dengan cara kolaboratif
Sesi Praktikum :	Menentukan Bahan dan Peralatan Praktikum	Kegiatan praktikan pada tahap ini meliputi pemberian tugas untuk menentukan peralatan dan bahan yang akan digunakan untuk menguji penyelesaian masalah yang dipilih
	Melakukan Eksplorasi	<p>Kegiatan praktikan pada tahap ini meliputi:</p> <ol style="list-style-type: none"> Merancang dan menguji rangkaian/sistem kerja yang akan digunakan dalam kegiatan pengukuran Menguji fungsi peralatan sebelum digunakan untuk memastikan bahwa semua alat dapat berfungsi dengan baik ketika digunakan dalam pengukuran Menentukan variabel percobaan Menentukan jenis data yang harus dikumpulkan Menentukan bentuk tabel untuk tabulasi data Menentukan langkah-langkah kegiatan praktikum

Sesi Kegiatan	Kegiatan mahasiswa	Deskripsi Kegiatan
	Melakukan Pengukuran	Kegiatan praktikan pada tahap ini meliputi: a. Pengukuran variabel-variabel yang telah ditentukan b. Pengukuran variabel dilakukan secara berulang minimal tiga kali c. Pengumpulan data hasil percobaan yang dibutuhkan d. Penulisan data hasil percobaan pada tabel pengamatan
	Melakukan Pengolahan dan Analisis	Kegiatan praktikan pada tahap ini meliputi: a. Menentukan teknik pengolahan yang akan digunakan b. Mengolah data yang telah dikumpulkan dengan menggunakan kalkulator/Microsoft excel/Math lab c. Menentukan ketidakpastian relatif data hasil pengukuran d. Menuliskan angka penting dari hasil pengolahan data e. Menganalisis hasil olah data untuk menguji kesesuaian dengan prediksi f. Analisis yang dihasilkan dijadikan dasar dalam pengambilan kesimpulan
	Eksplanasi	Mahasiswa menjawab pertanyaan-pertanyaan yang dapat merepresentasikan kemampuan mahasiswa dalam memberikan penjelasan dan bukti-bukti terkait proses dan hasil praktikum
	Menarik Kesimpulan dan Membandingkan dengan prediksi	Kegiatan praktikan pada tahap ini meliputi: a. Menyimpulkan hasil percobaan berdasarkan hasil analisis data b. Menyimpulkan keefektifan solusi yang diajukan c. Kesimpulan yang diperoleh dijadikan dasar untuk mengecek kebenaran prediksi yang diajukan
Sesi Pasca-Praktikum :	Mempresentasikan Hasil Kegiatan Praktikum (Communication Skills)	Kegiatan praktikan pada tahap ini yakni mempresentasikan hasil percobaan yang diperoleh baik dalam bentuk verbal maupun non-verbal (power point atau poster) Hal yang dipresentasikan ide yang dijadikan pilihan jawaban atas permasalahan, prediksi

Sesi Kegiatan	Kegiatan mahasiswa	Deskripsi Kegiatan
		yang dikemukakan, hasil pengukuran yang diperoleh, analisis data
	Kesimpulan Diskusi	Mahasiswa menarik kesimpulan dari kegiatan diskusi dari hasil praktikum yang telah dilakukan

B. Panduan Praktikum (LKS)

1. *Real World Problem*

Real World Problem merupakan kegiatan pra eksperimen dari PSL. Kegiatan ini menyajikan masalah dalam kehidupan nyata yang harus diselesaikan oleh siswa dengan melakukan pendekatan kegiatan praktikum. Kegiatan praktikum dilakukan dengan membuat keadaan yang sama dengan kondisi pada *Real World Problem*. Hasil eksperimen kemudian dijadikan pijakan untuk membuat penyelesaian masalah di dunia nyata. Pada bagian real world problem, siswa juga dituntut untuk mengidentifikasi permasalahan yang harus diselesaikan dengan membuat pertanyaan praktikum.

Sebagai contoh, berikut disajikan bentuk *Real World Problem* dalam praktikum PSL dan pertanyaan penelitian yang dihipunkun.

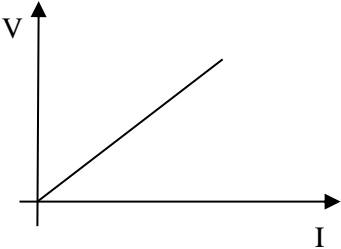
<i>REAL WORLD PROBLEM</i>
<p><i>Tim penelitimtu telah membuat perangkat untuk memonitoring konten lapisan ozon di atmosfer untuk menentukan sejauhmana tingkat lubang ozon di atas kutub. Kamu ditetapkan untuk bertugas dan menjaga peralatan selama musim dingin di kutub selatan dengan tidak ada pasokan yang diperoleh. Ketika salah satu bagian dari peralatan tidak berfungsi, kamu harus mengganti dua resistor. Sayangnya kamu hanya memiliki satu resistor dan satu lampu pijar tetapi kamu tidak yakin jika lampu pijar dapat berperilaku sama seperti sebuah resistor untuk membuat rangkaian berfungsi. Kamu memutuskan untuk membuat perbandingan langsung.</i></p>
<p><i>Masalah Eksperimen:</i> <i>Bagaimana persamaan antara sebuah lampu pijar dan sebuah resistor? Apa perbedaannya dalam hal kelistrikan?</i></p>

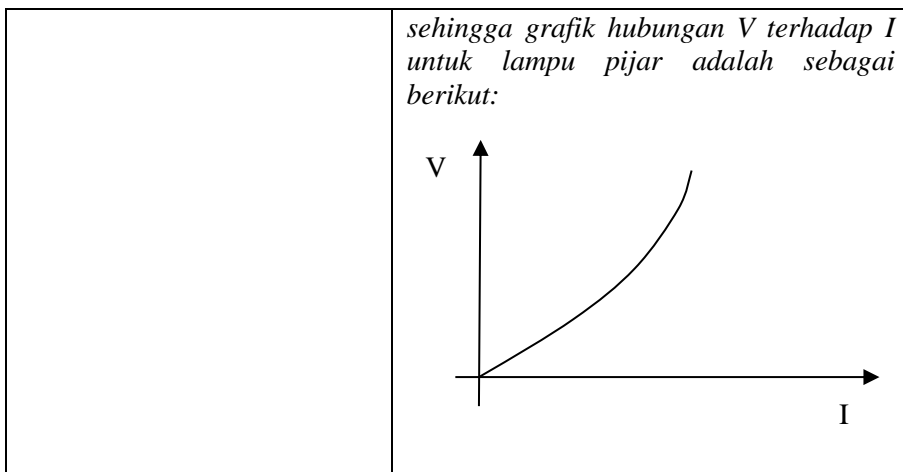
2. Pertanyaan Konseptual

Tahap ini mengarahkan siswa untuk dapat memberikan argumen dan pilihan teoritik yang melandasi upaya penyelesaian masalah. Tahap ini mengkonfirmasi kemampuan dan konsep dasar siswa sebelum melakukan kegiatan praktikum. Tujuannya adalah agar siswa tidak asal-asal dalam

merumuskan solusi akan tetapi disertai dengan pemahaman konsep yang sudah kuat. Pengajuan pertanyaan konseptual pada dasarnya memudahkan siswa untuk dapat mengajukan prediksi yang lebih baik. Sehingga untuk pelaksanaannya conceptual question juga termasuk kedalam tahapan pra-eksperimen.



Berikut ini adalah contoh pertanyaan konsep dan jawabannya untuk *Real World Problem* sebelumnya.

<p><i>Bagaimana hubungan antara arus yang melalui resistor dan tegangan yang melewati resistor jika resistor itu dibuat dari material ohmik? Gambar grafik tegangan terhadap arus untuk resistor ini. Bagaimana kemiringan grafik berkaitan dengan resistansinya?</i></p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p><i>Menurut hukum Ohm $R = V/I$, pada grafik di samping V/I adalah kemiringan grafik linier $V = f(I)$. Jadi nilai hambatan resistor $R =$ kemiringan dari grafik $V = f(I)$.</i></p>
<p><i>Ketika arus yang mengalir pada lampu pijar semakin besar maka lampu lebih terang. Seperti halnya lebih terang maka akan lebih panas. Prediksikan olehmu efek kenaikan suhu terhadap resistansi lampu pijar? Jika begitu, bagaimana? Sketsa grafik tegangan terhadap arus untuk lampu pijar.</i></p>	<p><i>Ya, hambatan filamen lampu (penghantar) bergantung pada temperaturnya, semakin tinggi temperatur semakin besar hambatan jenisnya menurut persamaan $\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta T)$. Semakin besar hambatan jenis maka semakin besar hambatan listrik penghantar menurut persamaan $R = \rho \ell/A$. Suhu penghantar berasal dari disipasi daya listrik pada penghambat (penghantar), semakin besar disipasi daya listrik pada penghambat maka semakin besar temperatur yang dihasilkan. Disipasi daya pada penghambat dirumuskan sebagai $P = I^2R$ atau $P = V^2/R$, sehingga ketika V atau I dalam rangkaian semakin besar maka disipasi daya listrik makin besar, efeknya temperatur penghambat akan makin tinggi. Ketika temperatur makin tinggi maka hambatan penghantar makin tinggi,</i></p>



3. Menentukan dan Mengevaluasi Ide

Sedikit berbeda dengan model praktikum PSL, HOT Lab dalam upaya penyelesaian masalah melalui praktikum HOT Lab siswa diberi kondisi keterbatasan yang mana kondisi ini akan melatih kemampuan berpikir kreatif siswa. Kondisi keterbatasan biasanya bersifat khusus yang memaksa siswa untuk memilih ide yang disajikan. Mengevaluasi ide pada dasarnya membutuhkan pengetahuan dasar yang kuat. Berikut adalah contoh pertanyaan dan arahan kegiatan menentukan dan mengevaluasi ide.


Menentukan dan Mengevaluasi Ide


Tentukan ide mana yang menurut kalian dapat memecahkan permasalahan sesuai dengan *real world problem* di atas. Jelaskan mengapa kalian menilai ide tersebut dapat memecahkan masalah.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

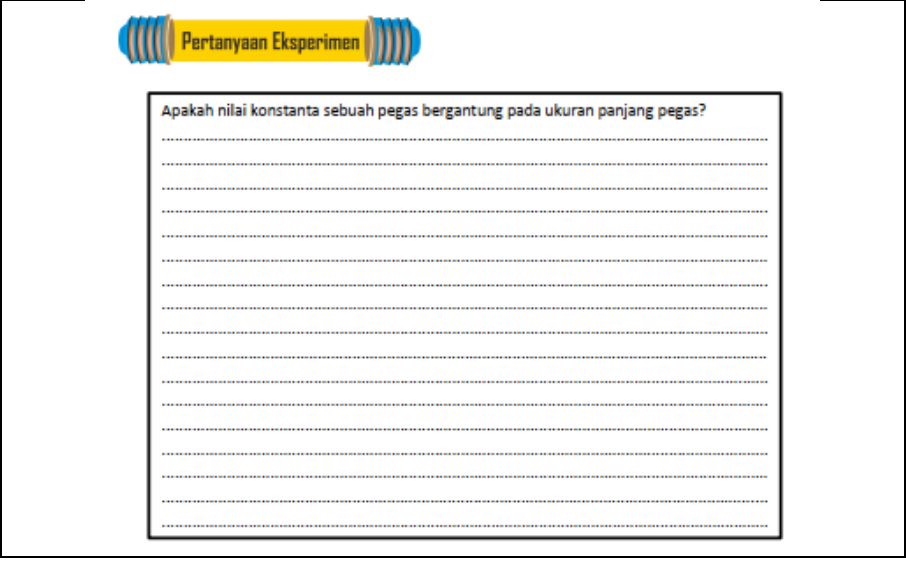
4. Mengajukan ide alternatif

Pengajuan ide alternatif bertujuan untuk memberikan kesempatan kepada siswa untuk lebih mengeksplor kreativitas mereka. Berdasarkan hasil analisis

pada model praktikum HOT Lab, beberapa siswa menyatakan bahwa ada ide yang lebih efektif dan efisien dari pilihan yang tersedia di dalam modul, sehingga diperlukan suatu wadah yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk memberikan argumen dan ide tersebut.

5. Pertanyaan Eksperimen

Pertanyaan eksperimen memiliki karakteristik yang serupa dengan pertanyaan penuntuk pada kegiatan eksperimen inkuiri. Pertanyaan eksperimen ini bertujuan untuk membimbing siswa dalam melakukan kegiatan praktikum dengan memberikan jawaban yang tidak membutuhkan jawaban langsung. Perbedaannya adalah pertanyaan eksperimen juga dikaitkan dengan salah satu konsep yang dianalisis dalam kegiatan praktikum. Berikut adalah contoh pertanyaan eksperimen.



Pertanyaan Eksperimen

Apakah nilai konstanta sebuah pegas bergantung pada ukuran panjang pegas?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. Prediksi/Hipotesis

Hipotesis merupakan anggapan dasar dan prediksi sementara. Siswa diminta untuk memberikan dugaan mereka terhadap hasil dan kesimpulan dari praktikum yang sedang mereka lakukan. Hipotesis harus bersifat ilmiah yang artinya didasarkan pada pola argumentasi ilmiah. Hipotesis harus diajukan sebelum melaksanakan kegiatan praktikum yang konten dan isi dari hipotesis yang diajukan merujuk pada tujuan dan rumusan masalah praktikum. Berikut ini adalah contoh hipotesis praktikum yang diajukan.

Rumusan Masalah Deskriptif

Bagaimanakah kontribusi konstanta pegas terhadap penambahan panjang pegas?

Hipotesis

Konstanta pegas (k) merupakan besaran yang bersifat menghambat. Semakin besar nilai k maka semakin kecil pertambahan panjang yang terjadi. Hal ini sesuai dengan hubungan $F = -k \cdot dx$ dan kesetaraan antara $k \approx Y$.

7. Bahan dan Peralatan

Equipmen merupakan peralatan dan bahan yang digunakan selama kegiatan praktikum. Penyajian tahapan ini kedalam modul bertujuan untuk merekam apakah siswa dapat mengidentifikasi peralatan yang mereka butuhkan secara efektif dan efisien. Dalam pelaksanaannya, sebainya guru/staf laboratorium tidak menyiapkan peralatan langsung karena hal ini akan membuat siswa menjadi tidak berpikir kritis. Dengan memberikan kesempatan kepada siswa memilih peralatan yang menurut mereka butuhkan maka siswa akan terlatih untuk berpikir kritis. Berikut adalah contoh peralatan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

<i>Peralatan yang tersedia</i>	<i>Peralatan yang dipilih</i>
<i>power supply, sebuah multimeter digital (amperemeter, voltmeter), sebuah lampu pijar dan sebuah resistor, capasitor, baterai, roject board, papan rangkaian, LED, termomete, stopwach.</i>	<i>power supply, sebuah multimeter digital (amperemeter, voltmeter), sebuah lampu pijar dan sebuah resistor.</i>

8. Eksplorasi

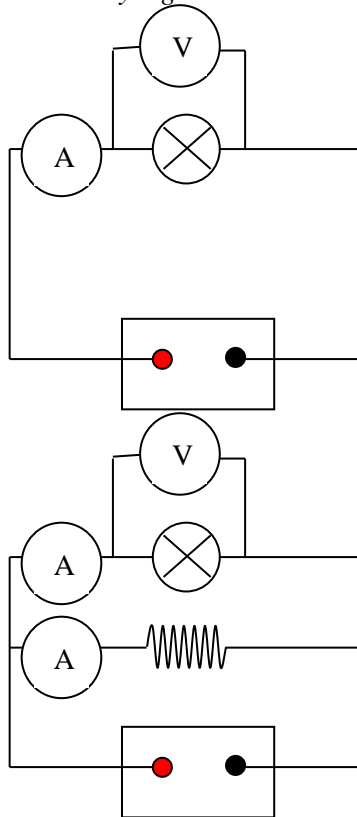
Tahappa eksplorasi merupakan salah satu tahapan pentig sebelum melaksanakan kegiatan pengukuran. Kegiatan eksplorasi lebih bertajuk teknis praktikum dimana siswa diarahka untuk menentukan dan meneksplor berbagai variabel yang berkaitan dengan kebutuhan analisis serta peralatan serta teknik yang harus mereka lakukan selama praktikum. Pada kegiatan eksplorasi peran dari guru adalah menekankan kepada siswa untuk selalu memperhatikan keselamatan selama di praktikum dan meningkatkan kehati-hatian mengingat beberapa peralatan sangat rentan rusak dan dapat mencelakai praktikan.

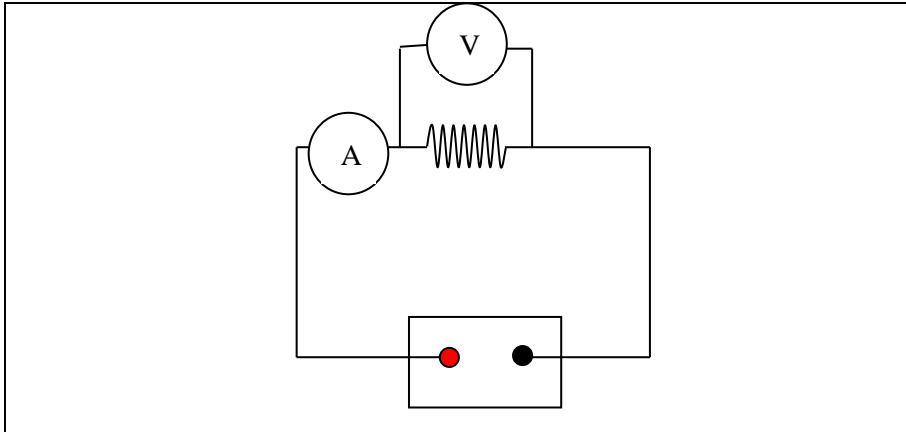
Selain itu, siswa juga harus menggambar rangkaian atau setup peralatan yang akan digunakan untuk mendapatkan data. Hal ini sangat penting karena

ketika setup rangkaian salah akan menyebabkan hasil pengukuran yang eror dan pembuatan kesimpulan yang salah. Berikut ini adalah contoh tahapan dari kegiatan eksplorasi.

PERINGATAN: Kamu akan bekerja dengan power supply yang dapat menghasilkan tegangan listrik yang besar. Penggunaan yang tidak dibenarkan dapat menyebabkan luka bakar yang menyakitkan. Untuk menghindari bahaya, power supply harus dimatikan dan kamu harus menunggu minimal satu menit sebelum kabel tidak dihubungkan atau dihubungkan ke power supply. Jangan pernah menggenggam kabel di ujung logam.

Sketsa rangkaian yang akan kamu buat untuk mengecek prediksimu. Dapatkah kamu menguji keduanya antara lampu pijar dan resistor pada saat bersamaan? Apakah ini ide yang baik?





9. Pengukuran

Kegiatan pengukuran merupakan kegiatan pengumpulan data untuk kebutuhan analisis dan menjawab pertanyaan eksperimen. Proses pengukuran dilakukan dengan seksama dan tetap memperhatikan keselamatan. Data hasil pengukuran direkap kedalam tabel pengamatan. Berikut adalah contoh tabel pengamatan dari praktikum sebelumnya.

Terdapat tiga metode untuk menentukan resistansi listrik dari sebuah resistor:

4. *Gunakan tabel yang tersedia di laboratorium untuk menentukan resistansi resistor berdasarkan kode warna. Tentukan nilai ketidakpastiannya.*

<i>Jenis resistor</i>	<i>Kode warna</i>	<i>Besar resistor dan nilai ketidakpastiannya ($R \pm \Delta R$)</i>
<i>Resistor 1</i>	<i>Kuning-ungu-hitam-emas</i>	$47 \Omega \pm 2,35 \Omega$
<i>Resistor 2</i>	<i>Cokelat-hitam-cokelat-emas</i>	$100 \pm 5 \Omega$

5. *Gunakan multimeter digital dan setting ke ohm untuk mengukur resistansi resistor. Tentukan nilai ketidakpastiannya. Mengapa prosedur ini tidak cukup membantu dengan menggunakan sebuah lampu pijar?*

<i>Jenis Resistor</i>	<i>Besar resistor dan nilai ketidakpastiannya ($R \pm \Delta R$)</i>
<i>Resistor 1</i>	$46,0 \Omega \pm 1,0 \Omega$

<i>Resistor 2</i>	$99,0 \Omega \pm 1,0 \Omega$
-------------------	------------------------------

6. Gunakan power supply, multimeter digital dan resistor untuk menentukan tegangan yang melewati resistor dan ukur arus yang melewati resistor untuk beberapa tegangan yang berbeda. Tentukan nilai ketidapastiannya dari resistansi yang diperoleh dari metode ini.

Data hasil percobaan lampu pijar

No.	V (Volt)	ΔV (Volt)	I_{lampu} (Ampere)	ΔI_{lampu} (Ampere)
1	3	0,1	0,2	0,01
	3	0,1	0,2	0,01
	3	0,1	0,2	0,01
2	6	0,1	0,3	0,01
	6	0,1	0,3	0,01
	6	0,1	0,3	0,01

Data hasil percobaan resistor 47 ohm

No.	V (Volt)	ΔV (Volt)	$I_{resistor}$ (Ampere)	$\Delta I_{resistor}$ (Ampere)
1	3	0,1	0,08	0,01
	3	0,1	0,08	0,01
	3	0,1	0,08	0,01
2	6	0,1	0,12	0,01
	6	0,1	0,12	0,01
	6	0,1	0,12	0,01

Data hasil percobaan resistor 100 ohm

No.	V (Volt)	ΔV (Volt)	$I_{resistor}$ (Ampere)	$\Delta I_{resistor}$ (Ampere)
1	3	0,1	0,04	0,01
	3	0,1	0,04	0,01
	3	0,1	0,04	0,01
2	6	0,1	0,06	0,01
	6	0,1	0,06	0,01
	6	0,1	0,06	0,01

Data hasil percobaan lampu dan resistor 47 ohm

No	V (Volt)	ΔV (Volt)	I_{lampu} (Ampere)	ΔI_{lampu} (Ampere)	$I_{resistor}$ (Ampere)	$\Delta I_{resistor}$ (Ampere)
1	3	0,1	0,2	0,01	0,06	0,01
	3	0,1	0,2	0,01	0,06	0,01

	3	0,1	0,2	0,01	0,06	0,01
2	6	0,1	0,3	0,01	0,12	0,01
	6	0,1	0,3	0,01	0,12	0,01
	6	0,1	0,3	0,01	0,12	0,01

Data hasil percobaan lampu dan resistor 100 ohm

No	V (Volt)	ΔV (Volt)	I_{lampu} (Ampere)	ΔI_{lampu} (Ampere)	$I_{resistor}$ (Ampere)	$\Delta I_{resistor}$ (Ampere)
1	3	0,1	0,2	0,01	0,04	0,01
	3	0,1	0,2	0,01	0,04	0,01
	3	0,1	0,2	0,01	0,04	0,01
2	6	0,1	0,3	0,01	0,06	0,01
	6	0,1	0,3	0,01	0,06	0,01
	6	0,1	0,3	0,01	0,06	0,01

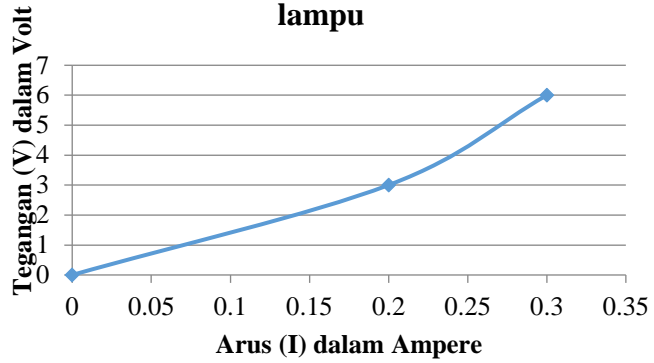
10. Analisis

Analisis merupakan tahapan untuk mensintesis dan melakukan pengecekan terkait konsep. Data yang dianalisis bukanlah data mentah, melainkan data yang sudah diolah terlebih dahulu. Pengolahan data dapat dilakukan dengan metoda manual ataupun dengan menggunakan bantuan aplikasi pengolahan angka. Pengolahan data bertujuan untuk melihat kecenderungan data dan tingkat keakuratan data. Setelah mendapatkan nilai dan besaran yang dibutuhkan maka dilakukan analisis data. Analisis dilakukan dengan merujuk pada pertanyaan eksperimen yang diajukan. Meskipun demikian, analisis tidak bersifat kaku sehingga siswa/peneliti juga dapat mengeksplor temuan mereka pada tahap analisis yang diiringi dengan konfirmasi pada konsep dasar dan temuan peneliti sebelumnya. Berikut ini adalah contoh analisis data yang dilakukan berkaitan dengan permasalahan yang ditemukan.

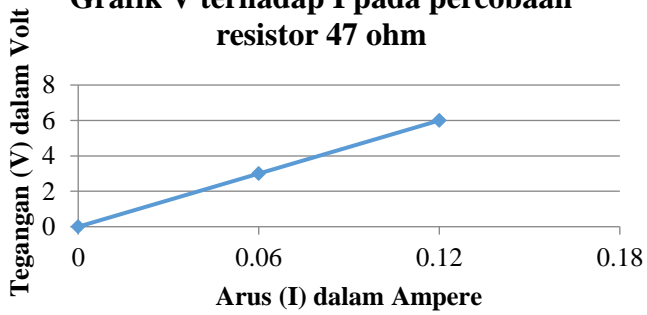
Buat grafik tegangan terhadap arus untuk resistor dan lampu pijar. Bagaimana nilai resistansinya bandingkan dengan menggunakan metode yang berbeda.

(Data hasil pengukuran ditranslasi ke grafik)

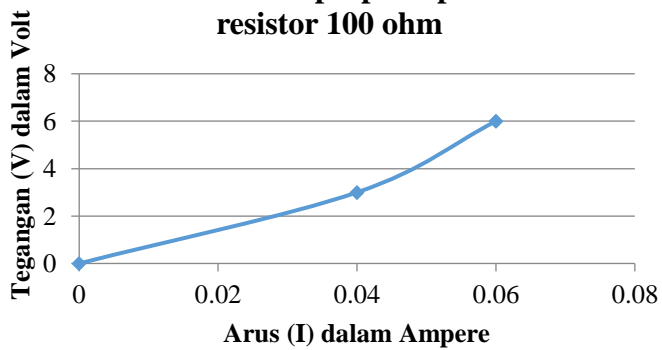
Grafik V terhadap I pada percobaan lampu



Grafik V terhadap I pada percobaan resistor 47 ohm



Grafik V terhadap I pada percobaan resistor 100 ohm



11. Kesimpulan

Bagian akhir dari praktikum PSL adalah merumuskan kesimpulan yang didasarkan pada temuan percobaan. Kesimpulan dirumuskan sedemikian rupa dan memiliki arah jawaban pertanyaan praktikum. Berikut adalah contoh kesimpulan yang dibuat untuk menjawab pertanyaan penelitian.

Apakah kode warna resistor dan lampu pijar keduanya resistor ohmik? Jika demikian, bagaimana resistansinya? Apakah prediksimu sesuai dengan hasil? Jika tidak, kamu dapat menggunakan lampu pijar dengan beberapa rentang terbatas tegangan? Berapa rentangnya? Jelaskan alasanmu.

(Kesimpulan dari hasil analisis data, berdasarkan kesimpulan ini maka solusi atas permasalahan di atas dapat ditentukan)

Ya, keduanya resistor ohmik. Lampu pijar mempunyai hambatan dalam yang terdapat dalam lampu tersebut. Hal itu dapat dibuktikan dengan melakukan pengukuran tegangan. Berdasarkan hasil percobaan, tegangan sumber yang sudah diukur sebelumnya ternyata tidak sama dengan tegangan lampu pijar yang terukur. Perbedaan tegangan tersebut menunjukkan adanya hambatan dalam lampu.

Hasil percobaan sesuai dengan teori karena arus sebanding dengan beda potensial (tegangan):

$$I \propto V$$

Semakin tinggi tegangan yang diberikan maka semakin besar arus yang mengalir. Selain itu, semakin tinggi resistansi semakin kecil arus untuk suatu tegangan. Hubungan tersebut dapat dibuktikan melalui grafik tegangan terhadap arus pada beberapa percobaan yang telah dilakukan. Berdasarkan grafik tegangan terhadap arus tersebut kita juga dapat menentukan nilai hambatan resistor R melalui kemiringan dari grafik tersebut.

Untuk lampu pijar ketika V atau I dalam rangkaian semakin besar maka disipasi daya listrik makin besar, efeknya temperatur penghambat akan makin tinggi. Ketika temperatur makin tinggi maka hambatan penghantar makin tinggi. Kemiringan grafik V terhadap I dari lampu pijar tidak linear jika dibandingkan dengan resistor.

Jadi lampu pijar memiliki karakteristik yang sama dengan resistor ketika tegangan yang dihubungkan bernilai kecil dan waktunya singkat, tetapi ketika tegangan bertambah besar dan waktunya lama maka karakteristiknya berbeda karena ada faktor temperatur yang mempengaruhi.

12. Presentasi

Presentasi merupakan pengembangan tahapan yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk dapat menyampaikan hasil temuan dan analisis mereka. Kegiatan ini berupaya membangun kemampuan komunikasi dan argumen ilmiah siswa yang didasarkan pada data hasil percobaan. Presentasi dapat dilakukan dengan membuat power poin dan presentasi oral ataupun dengan melakukan presentasi visual melalui pembuatan desain poster.

13. Evaluasi dan Refleksi

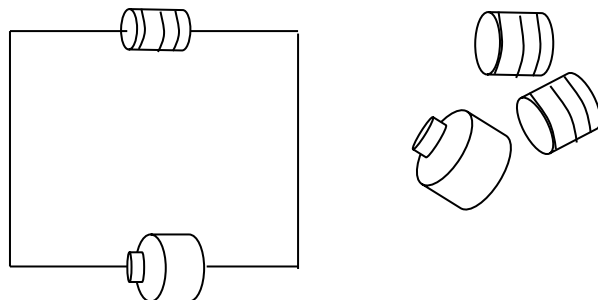
Refleksi dan kesimpulan merupakan pengembangan yang dilakukan untuk menunjukkan peranan guru sebagai fasilitator dan mengkonfirmasi hasil temuan siswa dalam melaksanakan praktikum. Tahapan ini diharapkan memberikan ketegasan dan kejelasan dari hasil-hasil temuan siswa dan analisis yang dilakukan oleh siswa.

C. Contoh

PETUNJUK PRAKTIKUM MULTIPLE SKILLS

REAL WORLD PROBLEM

Kamu dan kelompokmu ketika pergi memancing di lautan terdampar di sebuah pulau kosong terpencil. Untuk meminta pertolongan pada kapal-kapal yang lewat di sekitar pulau tersebut kamu dan kelompokmu harus menyalakan sinyal *Save Our Souls* (SOS) dari sebuah lampu khusus. Untuk menyalakan lampu tersebut dibutuhkan arus listrik untuk itu kamu dan rekan sekelompokmu mencoba membuat rangkaian listrik seperti di bawah ini.



Sayangnya arus listrik yang dihasilkan pada rangkaian tersebut terlalu kecil dan tidak cukup untuk menyalakan lampu tersebut. Dibutuhkan arus listrik yang besarnya empat kali lipat dari yang mengalir

pada rangkaian tersebut. Jika saja terdapat tiga baterai lagi yang mempunyai gaya gerak listrik (ggl) yang bernilai sama dengan yang dipasang pada rangkaian maka kebutuhan tersebut akan dapat dipenuhi. Sayangnya di kotak peralatan yang kamu bawa hanya terdapat sebuah baterai dan untuk membelinya tentu tidak mungkin. Selain satu buah baterai, di kotak peralatan tersebut terdapat dua buah hambatan yang nilai hambatannya sama dengan yang dipasang pada rangkaian.

Beberapa rekan kamu memberi pendapat untuk menambahkan komponen yang tersedia di kotak pada rangkaian untuk menghasilkan arus listrik sesuai yang dibutuhkan. Adapun pendapat yang disampaikan terdiri dari:

1. Menurut Azka pada rangkaian harus ditambahkan satu buah baterai secara seri dan satu buah hambatan secara paralel. Alasannya untuk memperoleh arus listrik yang besarnya empat kali lipat pada rangkaian, maka besar beda potensial yang terukur pada kedua ujung rangkaian diperbesar satu kali lipat dan hambatan diperkecil setengah kali lipat.
2. Firman menyarankan agar pada rangkaian ditambahkan satu buah baterai secara seri dan dua buah hambatan yang dipasang paralel dengan hambatan yang telah terpasang. Alasannya untuk memperoleh arus listrik yang besarnya empat kali lipat pada rangkaian, maka besar beda potensial yang terukur pada kedua ujung rangkaian diperbesar satu kali lipat dan hambatan diperkecil sepertiga kali lipat.
3. Joko menyarankan agar pada rangkaian hanya ditambahkan dua buah hambatan secara paralel dengan hambatan yang sudah terpasang. Alasannya untuk memperoleh arus listrik yang besarnya empat kali lipat pada rangkaian, maka hambatan diperkecil sepertiga kali dari sebelumnya, sedangkan baterainya tidak perlu ditambah lagi alasannya tidak perlu memperbesar beda potensial satu kali lipat pada kedua ujung rangkaian.

Kamu bingung dengan banyaknya pendapat yang diajukan rekan-rekanmu, pendapat mana yang perlu dipilih. Untuk memastikan pendapat siapa yang paling tepat maka kelompok kamu melakukan kegiatan pengujian langsung terhadap ketiga rangkaian yang diusulkan.

PERTANYAAN EKSPERIMEN

Apakah dengan menambahkan baterai yang disusun secara seri dan menambahkan hambatan yang disusun secara paralel dapat memperbesar arus listrik yang mengalir pada rangkaian? Jelaskan.

.....
.....
.....
.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

MENENTUKAN DAN MENGEVALUASI IDE

Tentukan ide mana yang menurut kalian dapat memecahkan permasalahan sesuai dengan *Real World Problem* di atas. Jelaskan mengapa kalian menilai ide tersebut dapat memecahkan masalah.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....
.....
.....
.....
.....

MENDISKUSIKAN IDE

Diskusikan ide yang dapat memecahkan permasalahan sesuai dengan *Real World Problem* di atas. Jelaskan mengapa kalian menilai ide tersebut dapat memecahkan masalah.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

PERTANYAAN KONSEPTUAL

1. Bagaimana hubungan antara tegangan (V) dengan arus listrik (I) yang mengalir pada suatu rangkaian. Gambarkan grafik tegangan (V) terhadap arus listrik (I) pada suatu rangkaian. Bagaimana kemiringan grafik tersebut berkaitan dengan hambatan pada suatu rangkaian?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Pertambahan arus yang mengalir pada suatu rangkaian dapat terjadi ketika tegangan diperbesar dan hambatan diperkecil. Apakah kamu punya dugaan bahwa tegangan akan bertambah besar jika pada suatu rangkaian ditambahkan ggl yang disusun secara seri dan hambatan akan bertambah kecil jika pada suatu rangkaian ditambahkan hambatan yang disusun secara paralel. Jika ya, bagaimana perubahannya? Gambarkan grafik pertambahan tegangan terhadap arus listrik yang mengalir pada suatu rangkaian.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

PREDIKSI

Gambar sketsa grafik tegangan terhadap arus listrik yang mengalir pada rangkaian sebelum dan sesudah ditambahkan beda potensial secara seri pada kedua ujung rangkaian dan hambatan secara paralel pada rangkaian.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

BAHAN DAN PERALATAN

Tentukan bahan dan peralatan apa saja yang diperlukan untuk melakukan eksperimen sesuai dengan *Real World Problem* di atas.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

EKPLROASI

PERINGATAN: Kamu akan bekerja dengan *power supply* yang dapat menghasilkan tegangan listrik yang besar. Penggunaan yang tidak dibenarkan dapat menyebabkan luka bakar yang menyakitkan. Untuk menghindari bahaya, *power supply* harus dimatikan dan kamu harus menunggu minimal satu menit sebelum kabel tidak dihubungkan atau dihubungkan ke *power supply*. Jangan pernah menggenggam kabel di ujung logam.

Gambarkan skema rangkaian alat untuk kegiatan eksperimen untuk mengecek kebenaran prediksimu.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ANALISIS

Berdasarkan data hasil percobaan, gambarkan grafik tegangan (V) sebagai fungsi arus listrik (I) untuk arus yang mengalir setelah ditambahkan ggl dan hambatan pada rangkaian. Berdasarkan kemiringan kurva linier pada grafik yang diperoleh, tentukan arus yang mengalir setelah ditambahkan ggl dan hambatan pada rangkaian.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

KESIMPULAN

Apakah prediksimu sesuai dengan hasil eksperimen? Jika sesuai, bagaimana pengaruh penambahan ggl yang disusun secara seri dan hambatan yang disusun secara paralel pada suatu rangkaian terhadap arus yang mengalir dan nyala lampu yang dihasilkan?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

PRESENTASI

Buatlah media misalnya menggunakan power point, poster atau sejenisnya untuk menyampaikan hasil kesimpulan dari percobaan yang telah dilakukan untuk dipresentasikan di hadapan teman-teman kelompok lainnya.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

EVALUASI DNA REFLEKSI

Lakukan evaluasi dari kegiatan praktikum yang telah dilakukan!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Refleksikan kegiatan praktikum yang telah dilakukan!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

PRAKTIKUM HUKUM HOOK

REAL WORL PROBLEM

Kelompok kamu diminta untuk merancang dan membuat sebuah alat mekanik yang dalam konstruksinya menggunakan sebuah pegas. Sesuai spesifikasi alat, pegas yang dibutuhkan adalah yang memiliki konstanta sebesar 100 N/m. Sayangnya di bengkel kerja kamu hanya tersedia pegas yang konstantanya hanya 50 N/m. Karena kamu dan kelompokmu sedang berada di suatu daerah terpencil, maka untuk membelinya ke kota memerlukan waktu yang lama, padahal alat tersebut akan segera digunakan.

Berterapa rekan kamu memberi pendapat untuk mendapatkan konstanta pegas sebesar 100 N/m. Adapun pendapat yang disampaikan terdiri dari:

- 1. Menurut Arif, pegas yang tersedia dipotong menjadi dua bagian dan yang dipasang hanya satu pegas ke dalam rangkaian. Alasannya untuk memperoleh konstanta pegas sebesar 100 N/m, panjang pegas harus dipotong dan hanya satu yang dipasang untuk memperbesar konstanta pegas menjadi dua kali lipat.
- 2. Lutfi menyarankan agar pegas yang tersedia dipotong menjadi dua bagian dan dipasang semuanya ke dalam rangkaian. Alasannya

untuk memperoleh konstanta pegas sebesar 100 N/m, kedua panjang pegas harus dipasang secara paralel untuk memperbesar konstanta pegas menjadi dua kali lipat.

3. Anton menyarankan pegas yang tersedia dipotong menjadi tiga bagian dan hanya satu yang dipakai dalam rangkaian, alasannya untuk memperoleh konstanta pegas sebesar 100 N/m, panjang pegas dipotong atau tidak nilai konstantanya akan sama.

Kamu bingung dengan banyaknya pendapat yang diajukan rekan-rekanmu, pendapat mana yang perlu dipilih. Untuk memastikan pendapat siapa yang paling tepat maka kelompok kamu melakukan kegiatan pengujian langsung konstanta pegas sebelum dan sesudah dipotong.

PERTANYAAN EKSPERIMEN

Apakah nilai konstanta sebuah pegas bergantung pada ukuran panjang pegas?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....
.....
.....
.....
.....

MENENTUKAN DAN MENGEVALUASI IDE

Tentukan ide mana yang menurut kalian dapat memecahkan permasalahan sesuai dengan *Real World Problem* di atas. Jelaskan mengapa kalian menilai ide tersebut dapat memecahkan masalah.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

PERTANYAAN KONSEPTUAL

1. Bagaimana hubungan antara pertambahan panjang pegas (Δx), dengan berat beban yang menariknya ketika sebuah pegas digantungkan secara vertikal kemudian dibebani? Gambarkan grafik gaya berat (F) terhadap pertambahan panjang (Δx) untuk pegas tersebut. Bagaimana kemiringan grafik berkaitan dengan konstanta pegas?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

EVALUASI DNA REFLEKSI

Lakukan evaluasi dari kegiatan praktikum yang telah dilakukan!
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....
Refleksikan kegiatan praktikum yang telah dilakukan!
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

REFERENSI

- Abrahams, I. (2009). Does Practical Work Really Motivate? A study of the affective value of practical work in secondary school science. *International Journal of Science Education*, 31(17), 2335–2353. <https://doi.org/10.1080/09500690802342836>
- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945–1969. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Adang, J.S. 1995. Mengembangkan Kreativitas dalam Berpikir Melalui Pengajaran Sains. Jurnal Pengajaran MIPA. Bandung: IKIP
- Adisyahputra, *et al.* (1992). *Strategi Belajar Mengajar IPA*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Ahmad, A. (2014). Penerapan Model Pembelajaran Generatif Berbantu Simulasi Komputer untuk Mereduksi Kuantitas Siswa yang Miskonsepsi dan Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP. (Tesis Program Magister: tidak diterbitkan). Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia.
- Aksela, M. 2005. Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: a design research approach. Academic Dissertation. Chemistry Education Center, Department of Chemistry, University of Helsinki, Finland. <http://www.thesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/kemia/vk/aksela/supporti.pdf>.
- Alismail, H. A., & McGuire, P. (2015). 21 st Century Standards and Curriculum: Current Research and Practice. *Journal of Education and Practice*, 6(6), 150–155.
- Anderson, O.W. & Krathwohl, D. R. 2001. A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Longman.
- Astuti, W.A. (2015). Penerapan Model Pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif, Keterampilan Proses Sains, dan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa SMA pada Materi Pokok Fluida Statis. (Tesis Program Magister: tidak diterbitkan). Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia.
- Ball, A. L. & Garton, B. L. 2005. Modeling higher order thinking: the alignment between objectives, classroom discourse, and assessment.

- Beatty, J. W., & Woolnough, B. . (1982). Practical Work in 11 - 13 Science : the context , type and aims of current practice. *British Education Research Journal*, 8(1), 23–30.
<https://doi.org/10.1080/0141192820080103>
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Assessment and Teaching of 21st Century Skills. In *Assessment and Teaching of 21st Century Skills* (pp. 1–15).
<https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5>
- Birgili, B. (2015). Creative and Critical Thinking Skills in Problem-based Learning Environments. *Journal of Gifted Education and Creativity*, 2(2), 71–71. <https://doi.org/10.18200/JGEDC.2015214253>
- Brewe, E., Kramer, L., & O’Brein, G (2009). Modeling instruction: positive attitudinal shifts in introductory physics measures with class. *Physics Review Special Topics Physics Educational Resource*. 5 (1): 013102.
- Busyairi, A., & Sinaga, P. (2015). Strategi Pembelajaran Creative Problem Solving (CPS) untuk Meningkatkan Kemampuan KOgnitif dan Keterampilan Berpikir Kreatif. *Jurnal Pengajaran MIPA*, 20(2), 133–143.
- Byers, W. (2002). Promoting active learning through small group laboratory classes. *University Chemistry Education*, 6, 28–34.
- Byrne, M. S., & Johnstone, A. H. (1987). Critical Thinking and Science Education. *Studies in Higher Education*, 12(3), 325–339.
<https://doi.org/10.1080/03075078712331378102>
- Cansoy, R., & Turkoglu, M. E. (2017). Examining the Relationship between Pre-Service Teachers ’ Critical Thinking Disposition , Problem Solving Skills and Teacher. *International Education Studies*, 10(6), 23–35.
<https://doi.org/10.5539/ies.v10n6p23>
- Chai, C. S., Deng, F., Tsai, P. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C. C. (2015). Assessing multidimensional students??? perceptions of twenty-first-century learning practices. *Asia Pacific Education Review*, 16(3), 389–398.
<https://doi.org/10.1007/s12564-015-9379-4>
- Chang, Y., Li, B.-D., Chen, H.-C., & Chiu, F.-C. (2015). Investigating the synergy of critical thinking and creative thinking in the course of

- integrated activity in Taiwan. *Educational Psychology*, 35(3), 341–360. <https://doi.org/10.1080/01443410.2014.920079>
- Cheng, V. M. Y. (2004). Developing Physics learning activities for fostering student creativity in Hong Kong context Hong Kong Institute of Education Literature Review. In *Asia- Pasific Forum on Science Learning and Teaching* (Vol. 5, pp. 1–33).
- Cohen, L., Manion, L., Lecturer, P., Morrison, K., & Lecturer, S. (2007). *Research Methods in Education* (6th ed.). Oxon: Routledge.
- Cowden, C. D., & Santiago, M. F. (2016). Interdisciplinary Explorations: Promoting Critical Thinking via Problem-Based Learning in an Advanced Biochemistry Class. *Journal of Chemical Education*, 93(3), 464–469. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00378>
- Dam, G. ten, & Volman, M. (2004). Critical thinking as a citizenship competence : teaching strategies. *Learning and Instruction*, 14, 359–379. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2004.01.005>
- Deacon, C., & Hajek, A. (2011). Student Perceptions of the Value of Physics Laboratories. *International Journal of Science Education*, 33(7), 943–977. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.481682>
- Dunst, C. J., Hamby, D. W., & Trivette, C. M. (2004). Guidelines for Calculating Effect Sizes for Practice-Based Research Syntheses. *Centerscope*, 3(1), 1–10.
- Druxes, H. (1986). *Kompendium Didaktik Fisika*. Bandung: Remadja Karya.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to Design and Evaluate Research in Education* (8th editio). New York: Mc Graw Hill.
- Fung, D. C., To, H., & Leung, K. (2016). The influence of collaborative group work on students ’ development of critical thinking : the teacher ’ s role in facilitating group discussions. *Pedagogies: An International Journal*, 11(2), 146–166. <https://doi.org/10.1080/1554480X.2016.1159965>
- Hake, R. R. (1999). Analyzing Change/ Gain Scores. Retrieved from <http://lists.asu.edu/cgi-bin/wa?A2=ind9903&L=aera-d&P=R6855%3E>
- Herrmann, N. (1995). Creative Problem Solving. *IEEE Potentials Magazine*, 4–9.
- Hofstein, A & Lunnetta, V. N. (2003). The laboratory in science education: Foundations for the twenty first century. *Science Education*, 88 (1), 28-54.

- Hohmann, J., & Grillo, M. (2014). Using critical thinking rubrics to increase academic performance. *Journal of College Reading and Learning*, 45(1), 35–51. <https://doi.org/10.1080/10790195.2014.949551>
- Hu, W., & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389–403. <https://doi.org/10.1080/09500690110098912>
- Jang, H. (2016). Identifying 21st Century STEM Competencies Using Workplace Data. *Journal of Science Education and Technology*, 25(2), 284–301. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9593-1>
- Karelina, A., & Etkina, E. (2007). Acting like a physicist : Student approach study to experimental design. *Physical Review Physics Education Research*, 3(2), 1–12. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.3.020106>
- Kek, M. Y. C. a., & Huijser, H. (2011). The power of problem-based learning in developing critical thinking skills: preparing students for tomorrow's digital futures in today's classrooms. *Higher Education Research & Development*, 30(3), 329–341. <https://doi.org/10.1080/07294360.2010.501074>
- Kim, K. H. (2006). Can We Trust Creativity Tests ? A Review of the Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT). *Creative Research Journal*, 18(1), 3–14.
- Kirschner, P. ., & Meester, M. A. . (1988). The laboratory in higher science education : Problems , premises and objectives. *Higher Education*, 17(1), 81–98.
- Kivunja, C. (2015). Teaching Students to Learn and to Work Well with 21st Century Skills: Unpacking the Career and Life Skills Domain of the New Learning Paradigm. *International Journal of Higher Education*, 4(1), 1–11. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v4n1p1>
- Klieger, A., & Sherman, G. (2015). Physics textbooks : do they promote or inhibit students ' creative thinking. *Physics Education*, 50(3), 305–309. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/50/3/305>
- Koesmadji, W, dkk, Teknik Laboratorium, (Bandung: Jurusan Pendidikan Biologi FMIPA UPI, 2004).
- Leak, A. E., Rothwell, S. L., Olivera, J., Zwickl, B., Vosburg, J., & Martin, K. N. (2017). Examining problem solving in physics-intensive Ph . D . research. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 1–13. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020101>

- Latuheru, J. D. (1988). *Media Pembelajaran dalam Proses Belajar Mengajar Masa Kini*. Jakarta: Depdikbud.
- Madesa, E. (2015). Penerapan Pembelajaran IPA Terpadu Tipe Threaded dengan Level Inquiry untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Penguasaan Konsep Siswa Kelas VIII pada Tema Indera Penglihatan dan Alat Optik. (Tesis). Sekolah Pascasarjana. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung
- Malik, A., & Setiawan, A. (2016). The Development of Higher Order Thinking Laboratory to Improve Transferable Skills of Students. *International Conference On Inovation In Engineering And Vocational Education*, (pp. 36–40). Bandung: Atlantis Press.
- Malik, A., Setiawan, A., Suhandi, A., Permanasari, A., (2017). Enhancing Pre-Service Physics Teachers Creative Thinking Skills through HOT Lab Design. In *American Institute of Physics* (Vol. 70001). <https://doi.org/10.1063/1.4995177>
- Melida, H. N., Sinaga, P., & Feranie, S. (2016). Implementasi Strategi Writing to Learn untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA pada Materi Hukum Newton. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 2(2), 31–38.
- Morin, D., Thomas, J. D. E., & Saadé, R. G. (2015). Fostering Problem-Solving in a Virtual Environment. *Journal of Information Technology Education: Research*, 14, 339–362.
- Mumford, M. D., Medeiros, K. E., & Partlow, P. J. (2012). Creative Thinking : Processes , Strategies , and Knowledge. *Journal of Creative Behavior*, 46(1), 30–47. <https://doi.org/10.1002/jocb.003>
- Muttaqin, A. (2015). Pengaruh Model Discovery Learning dengan Sisipan Membaca Kritis terhadap Penguasaan Konsep dan Berpikir Kritis Siswa SMP pada Konsep Energi dan Sistem Kehidupan. (Tesis). Sekolah Pascasarjana. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung
- M. Lubis, Materi Pokok Pengelolaan Laboratorium IPA, (Jakarta: Universitas Terbuka, 1993). Sigit Saptono. Strategi Belajar Mengajar Biologi, (Semarang; Universitas Negeri Semarang (UNNES), 2003)
- Nyoman Kertiasa, Laboratorium Sekolah dan Pengelolaannya, (Bandung: Pustaka Scientific, 2006).
- OECD. (2016). *Programme for International Student Assessment (PISA) Results from PISA 2015, Country Note: Indonesia*. Retrieved from <https://www.oecd.org/pisa/PISA-2015-Indonesia.pdf>

- P21CS. (2008). *21st Century Skills, Education & Competitiveness. A RESOURCE AND POLICY GUIDE*. Tucson, Arizona. <https://doi.org/6th August 2016>
- P21CS. (2014). *Preparing 21st Century Students for a Global Society: An Educator 's Guide to the "Four Cs."* National Education Association.
- Papastephanou, M., & Angeli, C. (2007). Critical thinking beyond skill. *Educational Philosophy and Theory*, 39(6), 604–621. <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.2007.00311.x>
- Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan No. 21 Tahun 2016 tentang Standar Kompetensi Pendidikan Dasar dan Menengah
- Puccio, G. J. (1999). Creative Problem Solving Preferences: Their Identification and Implications. *Creativity and Innovation Management*, 8(3), 171–178. <https://doi.org/10.1111/1467-8691.00134>
- Puccio, G. J., Murdock, M. C., & Mance, M. (2005). Current developments in creative problem solving for organizations: A focus on thinking skills and styles. *Korean Journal of Thinking & Problem Solving*.
- Raiyn, J., & Tilchin, O. (2015). Higher-Order Thinking Development through Adaptive Problem-based Learning. *Journal of Education and Training Studies*, 3(4), 93–100. <https://doi.org/10.11114/jets.v3i4.769>
- Retaningsih, R. (2016). Penerapan Strategi Pembelajaran Creative Problem Solving (CPS) Treffinger dalam Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Kemampuan Menganalisis dan Keterampilan Berpikir Kreatif dalam Pemecahan Masalah Siswa SMK pada Materi Kalor (Tesis). Sekolah Pascasarjana. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung
- Seechaliao, T. (2017). Instructional Strategies to Support Creativity and Innovation in Education. *Journal of Education and Learning*, 6(4), 201–208. <https://doi.org/10.5539/jel.v6n4p201>
- Şener, N., Türk, C., & Tas, E. (2015). Improving Science Attitude and Creative Thinking through Science Education Project: A Design , Implementation and Assessment. *Journal of Education and Training Studies*, 3(4), 57–67. <https://doi.org/10.11114/jets.v3i4.771>
- Setiawan, A. (2006). *Pemanfaatan Teknologi Komputer untuk Pembelajaran Fisika Abad ke-21*. UPI-UPSI Joint Internasional Seminar. UPI 8-9 Agustus 2006.
- Stephenson, N. S., & Sadler-Mcknight, N. P. (2016). Developing critical thinking skills using the Science Writing Heuristic in the chemistry

- laboratory. *Chem. Educ. Res. Pract*, 17, 72–79. <https://doi.org/10.1039/c5rp00102a>
- Stevens, R. (2011). Identifying 21st Century Capabilities. *International Journal of Learning and Change*, 6, 123–137. Retrieved from <http://eric.ed.gov/?q=21st+century&pr=on&id=EJ1000234>
- Stojanova, B. (2010). Development of creativity as a basic task of the modern educational system. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 3395–3400. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.522>
- Suprpto, E., Fahrizal, F., Priyono, P., & Basri, K. (2017). The Application of Problem-Based Learning Strategy to Increase High Order Thinking Skills of Senior Vocational School Students. *International Education Studies*, 10(6), 123–129. <https://doi.org/10.5539/ies.v10n6p123>
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12, 257–285.
- Warner, S., & Kaur, A. (2017). The perceptions of teachers and students on a 21 st century mathematics instructional model. *IEJME - Mathematics Education*, 12(2), 193–215
- Wei, B., & Li, X. (2017). Exploring science teachers ’ perceptions of experimentation : implications for restructuring school practical work. *International Journal of Science Education*, 39(13), 1775–1794. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1351650>
- Wenning, C.J. (2006). A framework for teaching the nature of science. *Journal of Physics Teacher Education Online*. 3 (3). 3-10.
- Wieman, C. (2015). Comparative Cognitive Task Analyses of Experimental Science and Instructional Laboratory Courses. *The Physics Teacher*, 53(349), 2013–2016. <https://doi.org/10.1119/1.4928349>
- Wijaya, E. Y., Sudjimat, D. A., Nyoto, A., & Malang, U. N. (2016). Transformasi pendidikan abad 21 sebagai tuntutan pengembangan sumber daya manusia di era global. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika 2016*, 1, 263–278. <https://doi.org/ISSN2528-259X>
- Yang, K., Lee, L., Hong, Z., & Lin, H. (2016). Investigation of effective strategies for developing creative science thinking. *International Journal of Science Education*, 693(September), 1–19. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.12306>