

ALAT UKUR PERBEDAAN ENERGI SERAP BENDA BERWARNA DALAM PEMBELAJARAN FISIKA

Drs. ARIZENJAYA
GURU MATA PELAJARAN FISIKA
SMA NEGERI 1 SUMARORONG
KABUPATEN MAMASA SULAWESI BARAT

Abstrak

ARIZENJAYA, Guru Fisika & Mahasiswa MST-FT UGM, 2011, **Alat Ukur Perbedaan Energi Serap Benda Berwarna dalam Pembelajaran Fisika**, Laboratorium Fisika SMA Negeri 1 Sumarorong Kabupaten Mamasa Provinsi Sulawesi Barat. Makalah hasil penelitian/hasil inovasi pembelajaran.

Karya Tulis Ilmiah ini merupakan hasil eksperimen fisika, yang berhasil membedakan secara kuantitatif energi panas benda-benda yang homogen namun memiliki warna yang berbeda. Menggunakan pakaian berwarna hitam, biru dan berwarna putih dari bahan dan ukuran yang serba sama, pada tempat yang dikenai sinar matahari terik yang intensitasnya sama, akan terasa perbedaan panasnya. Alat yang dipakai dirancang dengan suatu box kaca berisi balon pijar yang dilengkapi dengan wadah pipa "U" pengukur energi serap. Melalui metode eksperimen yang dirancang dalam penelitian ilmiah ini, dibuktikan secara kuantitatif perbedaan energi serap yang menyebabkan benda memiliki perbedaan panas. Dengan menggunakan rumus/persamaan/solusi Arizenjaya : $E = i \rho (dz)^2$, hasil eksperimen dalam penelitian ini membuktikan bahwa energi serap benda yang berwarna hitam yang paling tinggi dari warna lainnya disusul oleh warna biru, ungu, nila, merah, jingga, kuning, hijau, putih dan bening. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa energi serap benda berwarna hitam dengan menggunakan botol kemasan air minum sebagai benda, diperoleh energi serap benda berwarna hitam sebesar $34,93 \times 10^{-3}$ Joule. Sedangkan yang berwarna lainnya seperti biru, hijau, dan putih, berurutan masing-masing sebesar $16,47 \times 10^{-3}$ Joule, $4,96 \times 10^{-3}$ Joule dan $2,59 \times 10^{-3}$ Joule. Melalui eksperimen dalam penelitian ini, secara kuantitatif dapat dibuktikan perbedaan energi serap benda berwarna dan sangat bermanfaat dalam pembelajaran fisika termodinamika dan beberapa materi fisika lainnya. Pengembangan konsep fisika melalui percobaan yang dipakai dalam penelitian ini memberi peluang ditemukannya gejala-gejala alam yang bermanfaat bagi pengembangan teknologi seperti pemadam kebakaran otomatis, serta musik yang paralel dengan asesoris air mancur di taman yang terkendali alami dengan menggunakan energi matahari, bahkan alat jemuran otomatis, dan lain-lain. Melalui penyempurnaan percobaan ini menjadi lebih akurat dengan menggunakan logam dan/atau bermacam-macam logam, konstanta Plank dapat dibuktikan. $E = i \rho (dz)^2 = hf$. Pengembangan konsep termodinamika akan lebih terbuka, termasuk memberi peluang menyusun alat percobaan menghitung "energi-dalam sistem" pada konsep termodinamika: $Q = \Delta U - W \Leftrightarrow \Delta U = Q + W \Rightarrow Q = mc\Delta T$. Dengan melibatkan peserta didik dalam proses pembelajaran melalui percobaan, yang ditindak lanjuti dengan penyusunan laporan lengkap yang terorganisir kemudian dipresentasikan, maka alat ini dapat memudahkan pendidik (guru/dosen) dalam proses pembelajaran fisika dengan mutu yang optimal, mewujudkan generasi bermutu yang produktif berkarakter kebangsaan ke-Indonesia-an.

LATAR BELAKANG

Salah satu materi pembelajaran Fisika di Sekolah Menengah Atas (SMA)/Madrasah Aliyah (MA), adalah Termodinamika. Selain dari pada itu, ada beberapa jurusan pada Sekolah Menengah Kejuruan jenis teknologi, yang mempelajari Fisika Termodinamika. Namun ternyata materi pembelajaran Termodinamika termasuk materi yang cukup sulit. Pada sisi yang lain, pembelajaran Fisika yang melibatkan peserta didik dalam proses pembelajaran, adalah harapan dalam berbagai teori pembelajaran oleh berbagai pakar pendidikan, termasuk Zamroni (2003 :159) yang menegaskan bahwa yang lebih penting dalam reformasi pendidikan adalah bahwa pendidikan harus memberikan peluang *room for manoeuvre* bagi siapapun yang aktif dalam pendidikan untuk mengembangkan langkah-langkah baru yang memungkinkan peningkatan mutu pendidikan.

Sehingga terasa penting menyiapkan bahan-bahan percobaan Fisika, untuk menjawab tantangan tugas guru, maupun untuk menjelaskan bagian-bagian dari gejala alam yang sering dipertanyakan oleh peserta didik dalam upaya mewujudkan proses kegiatan pembelajaran fisika yang bermutu tinggi. Kegiatan pembelajaran fisika yang juga sarat dengan proses, yang disuguhkan pada peserta didik secara optimal, sesungguhnya merupakan suatu proyek raksasa serta investasi termahal bagi pembangunan suatu negara dan/atau bangsa. Pemahaman akan hal ini, merupakan sesuatu yang sangat penting. Begitu pentingnya pembelajaran fisika yang bermutu optimal, maka C.P.F. Luhulima (1999 : 202) dalam bukunya **Eropa sebagai Kekuatan Dunia** menjelaskan bahwa : “*Tube Alloys* di Inggris dan *Manhattan district Project* di Amerika Serikat, tidak saja memperkenalkan suatu masa yang baru dalam sejarah manusia, yaitu “pembaruan antara ilmu dan perang”, yang terekspresi dalam bom atom, melainkan juga memperkenalkan suatu masa, dimana **para ilmuwan memegang peranan yang menentukan dalam perumusan dan pelaksanaan kebijakan pemerintah. Ilmu fisikalah yang merupakan unsur utama pengembangan ilmu secara keseluruhan** dan pandangan-pandangan serta gaya ahli fisika mempengaruhi lembaga-lembaga ilmu dan teknologi serta dewan-dewan kebijakan”. Itulah sebabnya penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai metode apa yang dapat dilakukan supaya secara kuantitatif perbedaan energi serap benda berwarna yang dimaksud dapat dihitung. Sehingga penelitian ini diberi judul : “**Alat Ukur Perbedaan Energi Serap Benda Berwarna dalam Pembelajaran Fisika**”. Semoga bermanfaat.

RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimanakah model/bentuk dan cara kerja alat ukur yang dapat digunakan untuk membedakan secara kuantitatif energi serap benda berwarna dalam pembelajaran fisika?
2. Apakah ada bukti bahwa energi serap benda-benda homogen secara kuantitatif berbeda akibat perbedaan warna? Dan warna apakah yang secara kuantitatif paling tinggi?
3. Adakah teknologi tepat guna yang dapat dikembangkan dari penelitian ini?

ENERGI SERAP DAN KURIKULUM

Fluida Statis

Kajian konsep tentang **tekanan hidrostatik** dalam fluida statis yang merupakan salah satu komponen bangunan karya tulis ilmiah ini, terdapat dalam silabus kelas sebelas. Selanjutnya Kegiatan Pembelajaran dalam silabus yang dimaksud adalah : “Menerapkan konsep tekanan hidrostatik, prinsip hukum Archimedes dan hukum Pascal melalui percobaan”. (Silabus mata pelajaran fisika Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan, 2006). Karena itu, maka sangat tepat jika materi pokok kegiatan pembelajaran disajikan melalui kegiatan percobaan/praktik dengan langkah-lakah yang lebih inovatif, yang mampu membangun semangat belajar mandiri peserta didik secara optimal. Dengan demikian, materi pokok kegiatan pembelajaran fluida statis, disajikan secara menyeluruh dan dengan mutu terbaik.

Termodinamika

Kajian konsep tentang termodinamika yang bersama-sama dengan fluida statis melandasi bangunan penelitian ilmiah ini, memiliki struktur dalam silabus mata pelajaran fisika kurikulum tingkat satuan pendidikan yang tersusun dengan Standar Kompetensi yang terkait dengan termodinamika & Gas Ideal. Judul percobaan yang dapat diangkat dalam materi pokok kegiatan pembelajaran dapat saja berbeda kalimatnya, namun memiliki tujuan dan ruang lingkup bahasan yang sama yaitu sekitar termodinamika. Salah satu judul yang mungkin dapat diangkat dalam percobaan ini, adalah : “Perbedaan Energi Serap Benda Berwarna dalam Temodinamika”. Tetapi dapat juga berjudul : “Tekanan dan Perubahan Volume yang Dilakukan Gas dalam Termodinamika”.

TEORI ARIZENJAYA DALAM MENGUKUR ENERGI SERAP

Bahan Percobaan :

- (a) botol fanta berbagai warna sebagai tabung/benda berwarna; (b) ukuran Box Percobaan; (c) alas box kaca berbentuk bujur sangkar, berukuran $(22,50 \times 22,50) \text{ cm}^2$; (d) tinggi box kaca 55,70 cm; (e) tinggi kaki box kaca 31,80 cm

Kajian Konsep

Energi serap panas oleh permukaan tabung/botol sesuai warnanya, adalah usaha yang dilakukan udara terhadap zat cair di dalam pipa 'U', sebesar : $E = P_a \Delta V$. Sedangkan $P_a = P_b$ = tekanan yang dilakukan udara di dalam tabung/botol; $P_a = P_b$ = tekanan hidrostatik yang dilakukan zat cair dalam pipa ($P_b = \rho g h_2$); ρ = massa jenis zat cair yang digunakan (yang terdapat di dalam pipa 'U'); g = percepatan gravitasi; h_2 = perbedaan tinggi permukaan zat cair dalam pipa di ujung bebas pipa 'U'; ΔV = perubahan volume udara yang mengalami pemuaian; mengukur diameter bagian dalam pipa (d) dengan jangka sorong, adalah langkah tepat untuk memperoleh bahan kajian dalam menghitung perubahan volume udara di dalam tabung/botol

Selanjutnya, energi serap panas oleh permukaan tabung/botol dapat dihitung dengan menggunakan rumus : $E = P_a (\Delta V) = \rho g h_2 (\pi \frac{1}{4} d^2 h_1) = \frac{1}{4} \pi \rho g h_2 d^2 h_1$. Lalu $h_1 = z = \frac{1}{2} h_2$ atau $h_2 = 2 h_1 = 2 z$ selanjutnya $E = \frac{1}{2} \pi \rho g (d z)^2 \rightarrow E = \frac{1}{2} \pi \rho g (d z)^2$. Sehingga solusi Arizenjaya secara lebih sederhana dapat dinyatakan : $E = 15,7 \rho (d z)^2$ Joule. Kalau konstanta dasar digabung dengan konstanta dari karakteristik massa jenis zat cair ρ (rho) dan karakteristik diameter penampang pipa yang digunakan d , maka rumus di atas akan menunjukkan **kebergantungan energi serap, hanya kepada kuadrat kenaikan permukaan zat cair di ujung bebas pipa**. Dapat teramati dalam tinjauan sebagai berikut : $E = y z^2$ atau $y = E / z^2$. Dengan menggunakan zat cair spiritus dengan massa jenisnya $0,8 \text{ gr cm}^{-3}$ dan dengan pipa/selang plastik kecil dengan diameter 4,42 mm, konstanta kebergantungan yang dimaksud akan diperoleh sebesar : $E = y z^2$ (joule).

$E \sim z^2 \rightarrow$ "energi serap panas permukaan benda berwarna, sebanding dengan kuadrat kenaikan permukaan zat cair di ujung bebas pipa", dapat diberi nama sebagai hukum Arizenjaya. E = energi serap panas permukaan benda berwarna; z = perubahan tinggi permukaan zat cair di ujung bebas; ρ = (rho) = massa jenis zat cair yang digunakan; g = percepatan gravitasi; d = diameter bagian dalam pipa; \sim = sebanding.

METODE PENELITIAN

Bahan Pembuatan

Kaca tebal 5 mm dengan luas 18 cm x 50 cm; balok kayu jati ukuran 3 cm x 3 cm x 85 cm sebagai balok penyangga kaca; baut secukupnya; bola lampu pijar 240 Volt ; 75 watt 4 unit; fitting duduk untuk bola lampu pijar; kipas angin mini sebagai pendingin/penetral suhu ruangan; saklar ganda untuk lampu dan kipas angin; kabel penghubung; soket penyambung arus ke sumber energi listrik bolak-balik 220 volt; potongan papan jati dengan tebal 1 cm dan dengan luas 22,5 cm x 22,5 cm sebanyak 2 lembar masing-masing sebagai alas dan penutup box kaca; zat cair untuk mengisi pipa 'U' dapat berupa spiritus, atau air raksa (Hg); bermacam-macam cat kayu/cat besi; beberapa kuas kecil; selang plastik kecil dengan diameter dalam 6,88 mm dan dengan panjang 100 cm; tabung berupa botol kemasan air minum seperti botol fanta; energi listrik arus bolak-balik 220 volt.

Tahap Pengumpulan Data

(a) mengukur massa jenis zat cair yang akan digunakan; (b) mengukur diameter-dalam pipa 'U' dengan menggunakan jangka sorong; (c) menyambung kabel rangkaian aliran listrik sistem box kaca, ke soket sumber energi listrik arus bolak-balik 220 volt; (d) memasukkan tabung/botol berwarna sebagai benda berwarna yang telah disiapkan; (e) mengaktifkan saklar lampu pada suhu T_1 sampai suhu $T_2 = 31,00 \text{ }^\circ\text{C}$ sambil terus mengamati pergerakan kenaikan permukaan zat cair pada ujung bebas pipa 'U' dan memastikan di mana posisi permukaan zat cair itu tepat berhenti. Kemudian mengukur 'z'; (f) mengganti botol dari ruang box kaca hingga semua terukur.

HASIL DAN PEMBAHASAN**Data yang Diperoleh**

T N o	Warna	Ukuran Jarak		Ukuran Massajenis (ρ)		Ukuran Suhu ($^{\circ}\text{C}$)		Keterangan
		Z (cm)	d (mm)	m	V	T ₁	T ₂	
1	Hitam	17,05	6,88	6,619(gram)	8,20(ml)	28,00	31,00	ρ = 0,8 $\frac{\text{gram}}{\text{cm}^3}$
2	Putih	8,70						
3	Bening	5,05						
4	Merah	8,70						
5	Jingga	5,90						
6	Kuning	6,75						
7	Hijau	10,10						
8	Biru	16,20						
9	Nila	14,75						
10	Ungu	9,60						

Tabel 4.1 : Hasil pengamatan :

Analisa Data

Hasil percobaan dianalisa sesuai dengan rumus :

$E = \frac{1}{2}\pi g \rho (dz)^2$ dinamakan **persamaan / solusi Arizenjaya**

Dengan menggunakan zat cair spiritus dengan massa jenisnya $0,8 \text{ gr cm}^{-3}$ dan dengan pipa/selang plastik kecil sebagai pipa 'U' yang berdiameter 6,88 mm, konstanta kebergantungan yang dimaksud akan diperoleh sebesar : $\rho = 0,8 \text{ gr cm}^{-3} = 800 \text{ kg m}^{-3}$; $d = 6,88 \text{ mm} = 6,88 \times 10^{-3} \text{ m}$; $d^2 = 47,3344 \times 10^{-6} \text{ m}^2$; $i = 15,7 \text{ m s}^{-2}$; $y = i \rho d^2 = 15,7 \text{ m s}^{-2} \times 800 \text{ kg m}^{-3} \times 47,3344 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

Atau $E = yz^2$ (joule) = $59,45 \times 10^{-2} \text{ kg s}^{-2} \times z^2$

Hitam; z = 17,05 cm = 17,05 x 10⁻² m

$E = 59,45 \times 10^{-2} \text{ kg s}^{-2} \times z^2$ joule.

Jika nilai z diganti sesuai tabel di atas, diperoleh hasil masing-masing warna sbb.:

Rangkuman hasil analisa data percobaan diperlihatkan dalam tabel di bawah ini.

Warna Benda	Hitam	Putih	Bening	Merah	Jingga	Kuning	Hijau	Biru	Nila	Ungu
z (cm)	17,05	8,70	5,05	8,70	5,90	6,75	10,10	16,20	14,75	9,60
W (x10 ⁻³ J)	17,21	4,50	1,52	4,50	2,07	2,71	6,06	15,60	12,93	5,49

Tabel 4. 2 : Rangkuman hasil analisa data

PEMBAHASAN

Semakin pentingnya pola pembelajaran yang **lebih dahulu** dan **lebih dominan** memanfaatkan alat-alat laboratorium pada mana peserta didik bebas berfikir dan berkreasi, sebab apa yang dikhawatirkan Kurt Singer (1991 : 173) nampak masih relevan hingga saat ini, bahwa : "Pola pengajaran pada umumnya masih tetap cenderung memaksa siswa menerima secara pasif bahan-bahan pelajaran yang diberikan. Cara pengajaran masih tetap berupa penjelasan, uraian, pemberian contoh, sementara siswa-siswa sendiri lebih menyukai jika mereka diberi kesempatan untuk **bebas melakukan percobaan** atau **menciptakan sesuatu**".

Artinya peserta didik terlatih menjadi pemikir dan pencipta yang produktif, karena keseluruhan proses pembelajaran dialami peserta didik secara fisik dan mental psikologis, termasuk pembuatan alat yang sangat relevan dengan tuntutan dinamika peradaban dunia yang tidak kenal berhenti. Sebab dunia telah berubah secara drastis sehingga diperlukan suatu **reformasi radikal** dalam sistem persekolahan jika kita ingin terlibat dalam kehidupan di abad 21. Kita perlu mengganti **model belajar yang terpusat pada guru**, yang selama ini digunakan di banyak sekolah, dengan model belajar aktif dan mandiri berdasarkan prinsip-prinsip ilmu kognitif modern. Dengan model ini keterlibatan penuh dan kecintaan secara alami akan tumbuh dalam diri setiap

peserta didik. (Indra Djati Sidi, 2003 : 4). Kehadiran alat ukur yang dimaksud dalam menunjang kegiatan pembelajaran fisika, merupakan realita yang akan membangun kepercayaan peserta didik dan masyarakat dalam semua lapisan, bahwa pendidikan perlu bermutu tinggi dan harus minimal selangkah lebih maju dari bidang lainnya. Seharusnya bidang pendidikan minimal selangkah lebih maju dari bidang ekonomi, sosial budaya, hukum, politik serta pertahanan dan keamanan. Sebab pendidikan adalah sumber produk dan solusi dari semua bidang kehidupan itu. Sehingga ilmu pengetahuan dan teknologi yang dipelajari peserta didik, kelak akan mempengaruhinya dalam berbagai dimensi kehidupan seperti ekonomi, sosial budaya, politik, bahkan pertahanan keamanan. “Bukan sebaliknya justru ekonomi dan politik yang mempengaruhi sistem pendidikan”, (Zamroni, 2003 : 5). Artinya nampak investasi yang nyata bagi generasi penerus masa depan bangsa untuk memberikan penyembuhan terhadap berbagai permasalahan bangsa termasuk **memberantas korupsi secara simultan yang benar-benar bersih.**

PENGEMBANGAN

Kemungkinan beberapa hal yang dapat dikembangkan dari hasil penelitian ini antara lain dapat diurai sebagai berikut :

1. Jika benda berwarna memiliki energi serap sesuai warnanya, maka dengan asumsi di atas, warna benda dapat diinterfensi melalui pemberian energi.
2. Pengembangan konsep fisika melalui percobaan ini memberi peluang para ahli fisika termasuk dari perguruan tinggi seperti UNY penyelenggara simposium nasional ini, serta perguruan tinggi-perguruan tinggi terkemuka lainnya untuk menemukan gejala-gejala alam yang bermanfaat bagi pengembangan teknologi sederhana maupun teknologi canggih, termasuk pemadam kebakaran otomatis, serta seni musik dan air mancur yang terkendali alami dengan menggunakan energi matahari, serta alat jemuran otomatis, menentukan ketebalan zat, kandungan zat di dalam suatu benda, dan lain-lain.
3. Melalui penyempurnaan percobaan ini menjadi lebih akurat dengan menggunakan logam dan/atau bermacam-macam logam, konstanta Plank, bahkan bilangan kuantum dari foton cahaya yang datang dapat diselidiki lebih akurat dan/atau dibuktikan.

KESIMPULAN, SARAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

- a. Alat ukur perbedaan energi serap benda berwarna memiliki model/bentuk seperti kotak/box yang dindingnya dari kaca, yang di dalam ruang box dilengkapi dengan lampu balon pijar, kipas angin dan termometer, serta tempat tabung sebagai benda yang terhubung dengan pipa 'U' di luar ruang. Pipa 'U' diisi zat cair sebagai indikator tekanan dan perubahan volume yang dilakukan gas dalam tabung; menjadi teknologi tepat guna pembelajaran fisika.
- b. Ada bukti yang dapat diperoleh secara kuantitatif bahwa energi serap benda berwarna hitam yang paling tinggi dari benda berwarna lainnya. Ternyata energi serap benda berwarna hitam dalam percobaan ini, sebesar $17,28 \times 10^{-3}$ Joule. Sedangkan yang berwarna lainnya seperti putih, hijau, dan biru tua, berurutan masing-masing sebesar $4,50 \times 10^{-3}$ Joule, $6,06 \times 10^{-3}$ Joule dan $15,60 \times 10^{-3}$ Joule.
- c. Ada teknologi tepat guna yang dapat dibangun dari pengembangan konsep fisika, melalui alat ukur yang dirancang ini, antara lain pemadam kebakaran otomatis dan/atau alat jemuran otomatis, termasuk musik yang terkendali oleh perubahan panas cuaca di taman.
- d. Seminar Nasional ini menjadi sarana resmi dan ilmiah untuk menyampaikan/menginformasikan penemuan metode pembelajaran serta alat dan **persamaan/solusi Arizenjaya** : $E = \frac{1}{2}\pi g \rho (d z)^2 \leftrightarrow E = y z^2$ yang digunakan dalam menghitung perbedaan energi serap benda berwarna.
- e. Terdapat minimal 4 (lima) standar kompetensi dan 6 (enam) kompetensi dasar/materi pokok pembelajaran yang dapat menggunakan teknologi tepat guna alat ukur perbedaan energi serap benda berwarna sebagai media pembelajaran sesuai silabus dari badan standar nasional pendidikan yang telah dikembangkan.

Saran

- Hendaknya metode pembelajaran yang berbasis percobaan menjadi prioritas pendidik dan pemerintah, untuk mendorong inovasi melakukan penelitian sains dan teknologi, berkenaan dengan pentingnya pendidikan dalam mewujudkan generasi pemikir/pencipta atau inovator, demi kelangsungan hidup negara dan bangsa yang kokoh dalam kompetisi global.
- Simposium Nasional ini kiranya mendorong semua pihak yang terkait seperti perguruan tinggi negeri termasuk UNHAS sebagai penyelenggara, supaya alat percobaan menyelidiki energi serap benda berwarna disempurnakan lebih baik lagi, dan selanjutnya dapat menjadi alat laboratorium seluruh satuan pendidikan atau sekolah/perguruan tinggi yang memiliki mata ajar termodinamika, dan materi pembelajaran lainnya yang terkait.
- Pola pembelajaran fisika hendaknya selalu memiliki terobosan yang mampu menghilangkan rasa angker dan mengerikan, menjadi indah, menarik/menyenangkan, dan mengasyikkan serta menantang, melalui penggunaan alat laboratorium yang dapat dirakit secara kontekstual.

Postulat dan Rekomendasi

- Dalam kerangka acuan yang serba sama, masing-masing benda berwarna memiliki perbedaan energi serap yang sama dan konstan.
- Jika benda berwarna memiliki energi serap sesuai warnanya, maka warna benda dapat diinterfensi melalui pemberian energi.
- Pengembangan konsep fisika melalui percobaan ini memberi peluang para ahli fisika untuk menemukan gejala-gejala alam yang bermanfaat bagi pengembangan teknologi sederhana dan teknologi canggih, termasuk pemadam kebakaran otomatis, serta air mancur dan seni musik yang terkendali alami dengan menggunakan energi matahari, penentuan jenis dan ketebalan logam/zat, ramalan cuaca serta ramalan gempa yang akurat, dan lain-lain.
- Melalui penyempurnaan percobaan ini menjadi lebih akurat dengan menggunakan logam dan/atau bermacam-macam logam, konstanta Plank dapat dibuktikan. $E = h \nu$ $(\nu = c/\lambda)$ $\leftrightarrow E = hc/\lambda$
 $\lambda = hc/E \rightarrow \lambda = (6,626 \times 10^{-34} \text{ J s}) / (15,7 \text{ eV} \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ J/eV})$
 $\lambda = 2,54 \times 10^{-8} \text{ m} = 25,4 \text{ nm}$
 $\lambda = 25,4 \text{ nm}$
- Pengembangan konsep termodinamika akan lebih terbuka. Termasuk memberi peluang menghitung energi-dalam sistem pada konsep termodinamika : $Q = \Delta U - E$
 $\Leftrightarrow \Delta U = Q + E \Rightarrow Q = mc\Delta T$
 $\Delta U =$ energi dalam sistem (joule); $Q =$ energi kalor yang diterima sistem (joule)
 $E =$ usaha luar yang dilakukan oleh sistem (joule).

DAFTAR PUSTAKA

C.P.F. Luhulima, 1999. *Eropa sebagai Kekuatan Dunia*, Jakarta : Gramedia.

Direktur Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah. 2008. *Merentang Jalan Menuju Pelayanan Pendidikan Dasar dan Menengah Bermutu*. Jakarta : Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah.

Dryden Gordon & Janette Vos. 2002. *The Learning Revolutin/Revolusi Cara Belajar Bagian 1*. Jakarta : Kaifa.

Foster, Bob. 1999. *Fisika SMU Kelas 1, 2, 3*. Jakarta : Erlangga.

Holman J.P. 1984. *Perpindahan Kalor*. Jakarta : Erlangga.

Kane & Strenheim. 1983. *Physics*. USA : John Wiley & Sons. Inc.

Miller, Franklin Jr & Dietrich Schroeer. 1987. *College Physics*. USA : Harcourt Brace Jovanovch, Inc.

Pangaribuan H., dkk. 1990. *Penuntun Belajar Fisika 2B*. Jakarta : Balai Pustaka.

Sidi, Indra Djati. 2003. *Menuju Masyarakat Belajar*. Jakarta : Paramadina.

Silaban, Pantur & Erwin Sucipto. 1999. *Fisika Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.

Singer, Kurt. 1991. *Membina Hasrat Belajar di Sekolah*. Bandung : Remaja Rosda Karya.

Sofyan, Suri Yayan. 2007. *Fisika untuk SMA/MA Kelas XII*. Bogor : Duta Grafika

Sudaryana P.T., dkk. 1981. *Petunjuk Praktikum Ilmu Alam SMA*. Jakarta : Proyek Perbukuan Terpadu.

Suprpto, Benny, dkk. 1985. *Petunjuk Praktikum Fisika 3 SMA*. Jakarta : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Syarwani, dkk. 1996. *Konsep-konsep Fisika untuk Kelas III Caturwulan 2 SMU*. Klaten : Intan Pariwara.

Zamroni, 2003. *Paradikma Pendidikan Masa Depan*, Jakarta : Bigraf Publishing.

