

EKSPERIMEN EFEK FOTO LISTRIK BERBASIS SIMULASI PhET

⁽¹⁾Khairil Anwar, ⁽²⁾M. Isnaini, ⁽³⁾Linda Sekar Utami

⁽¹⁾Dosen Program Studi Pendidikan Fisika Univ. Muhammadiyah Mataram (email : hairil_physic@yahoo.com)
⁽²⁾⁽³⁾Dosen Program Studi Pendidikan Fisika Univ. Muhammadiyah Mataram

ABSTRAK

Matakuliah fisika modern harus ditunjang dengan praktikum atau eksperimen. Banyak gejala fisika yang sulit diamati secara langsung karena bersifat abstrak, seperti efek foto listrik. Selain itu peralatan-peralatan eksperimen yang digunakan sangat mahal secara ekonomi. Untuk mengatasi hal tersebut, dapat digunakan beberapa alat bantu eksperimen berupa media simulasi berbasis komputer, diantaranya PhET (*Physics Education Tecnology*). Oleh karena itu telah dilakukan pengujian media PhET dengan spesifikasi simulasi efek foto listrik sebagai alat eksperimen untuk menentukan konstanta Planck (h) dan menunjukkan apakah energi kinetik foto-elektron bergantung pada intensitas cahaya atau tidak. Panjang gelombang dari suatu cahaya ditetapkan dari suatu panel pemilihan fungsi cahaya pada perangkat lunak, kemudian data tegangan balik (V_0) ditentukan sesuai dengan laju energi kinetik elektron yang bergerak menuju anoda. Selanjutnya untuk meningkatkan ketelitian, data matematis elektronvolt (eV_0) dengan seperpanjang gelombang cahaya ($1/\lambda$) dianalisis dengan metode regresi linier. Perhitungan regresi untuk memperoleh nilai kemiringan grafik dilakukan dengan program Ms. excel. Hasil analisis menunjukkan bahwa media simulasi PhET memberikan tingkat ketelitian yang baik pada penentuan tetapan Planck sebesar $(6,80 \pm 0,09) \times 10^{-34}$ J.s. Sedangkan energi kinetik foto-elektron ditunjukkan bahwa tidak bergantung pada intensitas cahaya. Dapat dinyatakan bahwa dengan media PhET dapat membuktikan nilai tetapan Planck dan meningkatkan ketrampilan proses dalam pembelajaran, sehingga diharapkan dapat mambantu dalam memahami konsep dan teori efek foto listrik secara mudah, cepat, dan praktis.

Kata Kunci : Simulasi PhET, Efek foto listrik, Konstanta Planck, dan Regresi linier.

Pendahuluan

Pembelajaran fisika dan sains tidak bisa lepas dari teknologi yang semakin lama semakin berkembang. Sehubungan dengan hal itu metode pembelajaran fisika harus dapat disesuaikan dengan keadaan dan sistem-sistem yang berbasis teknologi, salah satunya yang berhubungan dengan laboratorium khususnya dalam hal eksperimen. Sebagaimana Edgar Dale mengutarakan bahwa pengalaman yang paling bermakna adalah pengalaman langsung dan bertujuan, suatu pengalaman langsung melihat benda atau peristiwa asli namun telah direncanakan terlebih dahulu, sehingga para mahasiswa akan mendapatkan hasil keilmuan, nilai dan sikap yang optimal (Supriyadi, 2002:3). Eksperimen adalah salah satu cara yang tepat untuk memudahkan memahami suatu teori, sehingga mahasiswa mampu mencari dan menemukan sendiri berbagai jawaban atas persoalan-persoalan yang dihadapinya melalui percobaan atau kegiatan praktikum, sehingga kelak akan terbiasa untuk berfikir ilmiah (Roestiyah, 2008:35). Sesuai dengan kurikulum perguruan tinggi, matakuliah fisika modern harus ditunjang dengan praktikum atau eksperimen. Oleh karena dalam fisika modern

Dasar Teori

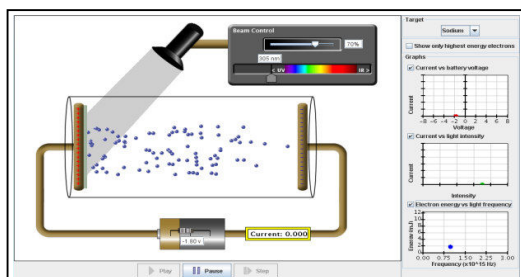
terdapat teori tentang efek foto listrik, maka eksperimen untuk menggambarkan prosesnya sangat diperlukan secara visual atau nyata untuk mengatasi teori-teori yang abstrak.

Dalam laboratorium, banyak fenomena alam (gejala fisika) yang sulit untuk diamati secara langsung karena bersifat abstrak (seperti mengamati karakteristik gerak elektron dalam suatu konduktor), selain itu peralatan-peralatan eksperimen yang digunakan sangat mahal secara ekonomi. Untuk mengatasi hal tersebut, dapat digunakan beberapa alat bantu eksperimen atau media simulasi berbasis komputer, diantaranya PhET (*Physics Education Tecnologi*). Media pembelajaran yang berbasis teknologi yang secara umum termasuk dalam teknologi informasi, baik yang sederhana dan mudah digunakan masih sangat diperlukan guna peningkatan ketrampilan proses dalam pendidikan. Media pembelajaran IT (*Tecnology Information*) diharapkan dapat mambantu dalam memahami konsep dan teori fisika secara mudah, cepat dan praktis.

PhET (Physics Education Technology)

Dalam Okimustava, (2008:38), *Physics Education Technology* (PhET) adalah *software* (perangkat lunak) atau program simulasi fisika yang mudah untuk dipelajari. Kita dapat mengamati, menghitung, mengukur, menghubungkan ruang dan waktu, membuat hipotesis, merancang eksperimen, mengendalikan variabel, membuat kesimpulan sementara, menerapkan, mengkomunikasikan data dan mengajukan pertanyaan. *Physics Education Technology* juga merupakan program aplikasi yang terdiri dari *Java* dan *Flash* yang saat ini sedang dikembangkan dalam dunia pendidikan. Dalam perangkat lunak ini terdapat beberapa simulasi fisika, diantaranya adalah *motion*, *work*, *energy and power*, *heat and thermo*, *electricity and circuits*, *light and radiation*, *quantum phenomena*, serta *match and tools*, yang digunakan sebagai media pembelajaran praktis, interaktif dan mencakup beberapa konsep fisika.

Simulasi yang digunakan dalam makalah ini adalah efek foto listrik dengan bentuk programnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. *Physics Education Technology* menyediakan fasilitas yang memungkinkan kita untuk melakukan percobaan seperti eksperimen fisika sesungguhnya, juga menyediakan berbagai kemudahan dalam melakukan eksperimen. Penggunaan PhET simulasi secara umum dapat mempermudah pengajar, mahasiswa, dan pelajar khususnya tentang penjelasan materi efek foto listrik.

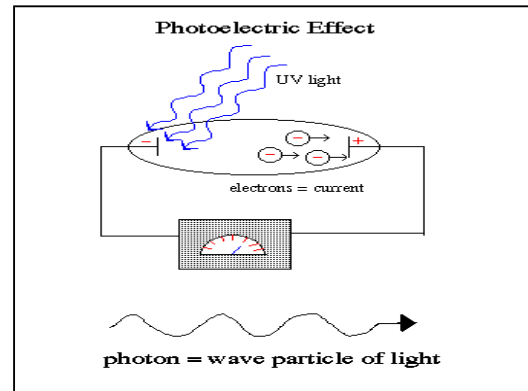


Gambar 1. Simulasi efek foto listrik dengan perangkat lunak PhET.

Efek Foto Listrik

Efek fotolistrik adalah suatu proses dimana suatu cahaya dengan frekuensi cukup tinggi mengenai permukaan sebuah logam, sehingga dari permukaan logam itu terpancar elektron. Gambar 2. memberi ilustrasi jenis

alat yang dipakai dalam eksperimen efek foto listrik.



Gambar 2. Rangkaian eksperimen efek foto listrik.

Tabung yang divakumkan berisi dua elektroda yang dihubungkan dengan rangkaian eksternal, dengan keping logam yang permukaannya mengalami iradiasi dipakai sebagai anoda. Sebagian dari elektron yang muncul dari permukaan yang mengalami iradiasi mempunyai energi yang cukup untuk mencapai katoda. Ketika potensial perintang V_b ditambah, lebih sedikit elektron yang mencapai katoda dan arusnya menurun. Seterusnya ketika V_b sama atau melebihi suatu harga V_0 , maka tidak ada elektron yang mencapai katoda dan arus terhenti (nol). Ini merupakan suatu temuan dimana pada masa itu tahun 1887 **Heinrich Rudolf Hertz** menemukan fenomena efek Fotolistrik yang membingungkan para fisikawan waktu itu. Namun seiringnya waktu, fenomena itu dapat dijawab oleh seorang fisikawan **Einstein** yang kemudian dieksperimenkan kembali oleh **Milikan** pada tahun 1916.

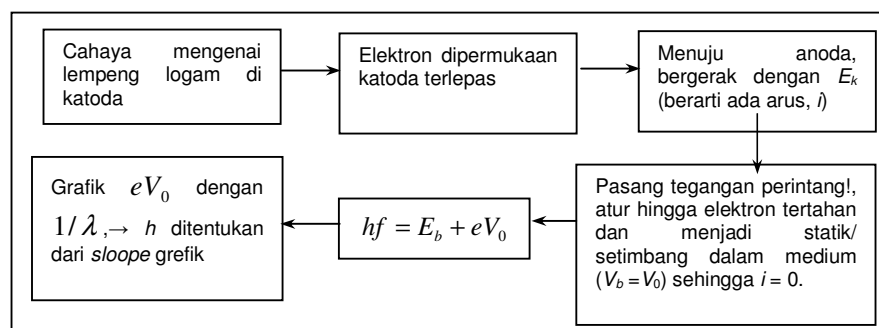
Sebuah logam ketika diberi cahaya akan melepaskan elektron, yang akan menghasilkan arus listrik jika disambung ke rangkaian tertutup. Jika cahaya adalah gelombang seperti yang telah diprediksikan oleh fisika klasik, maka seharusnya semakin tinggi intensitas cahaya yang diberikan maka semakin besar arus yang terdeteksi. Namun hasil eksperimen menunjukkan bahwa walaupun intensitas cahaya yang diberikan maksimum, elektron tidak muncul juga dari plat logam. Tetapi ketika diberikan cahaya dengan panjang gelombang yang lebih pendek (frekuensi lebih tinggi, ke arah warna ungu dari spektrum cahaya) dari sebelumnya, tiba-tiba elektron lepas dari plat logam sehingga terdeteksi arus listrik, padahal intensitas yang diberikan lebih kecil dari intensitas sebelumnya. Ini berarti energi yang

dibutuhkan oleh plat logam untuk melepaskan elektronnya tergantung pada panjang gelombang. Fenomena ini tidak dapat dijelaskan oleh para fisikawan pada waktu itu. Kalau cahaya itu memang benar-benar gelombang, yang memiliki sifat kontinu, bukankah seharusnya energi yang bisa diserap darinya bisa bernilai berapa saja?, tapi ternyata hanya jumlah energi tertentu saja yang bisa diserap untuk melepaskan elektron bebas. Teka-teki ini akhirnya dijawab oleh **Albert Einstein**, yang mengemukakan bahwa cahaya terkuantisasi dalam gumpalan-gumpalan partikel cahaya yang disebut foton. Energi yang dibawa oleh foton sebanding dengan frekuensi cahaya dan tetapan yang disebut konstanta Planck ($E = h f$). Dibutuhkan sebuah foton dengan energi yang lebih tinggi dari energi ikatan elektron untuk melepaskan elektron keluar dari plat logam. Ketika frekuensi cahaya yang diberikan masih rendah, maka walaupun intensitas cahaya yang diberikan maksimum, foton tidak memiliki cukup energi untuk melepaskan elektron dari ikatannya. Tapi ketika frekuensi cahaya yang diberikan lebih tinggi, maka walaupun terdapat hanya satu foton saja (intensitas rendah) dengan energi yang cukup, foton tersebut mampu untuk melepaskan satu elektron dari ikatannya. Intensitas cahaya dinaikkan berarti akan semakin banyak jumlah foton yang dilepaskan, akibatnya semakin banyak elektron yang akan lepas.

Menurut teori gelombang, gelombang cahaya menyebar dari suatu sumber dengan merambatkan energi secara kontinu ke seluruh pola gelombang. Sebaliknya, menurut teori kuantum, cahaya menyebar dari sumbernya dengan merambatkan energi secara terkuantisasi, berupa paket-paket gelombang. Pada awal mulanya, teori kuantum diawali dengan fenomena radiasi benda hitam. Apabila sebuah benda dipanaskan akan mengeluarkan radiasi

(misalnya ditandai dengan terpancarnya sinar yang berwarna-warni). Dalam keadaan setimbang maka cahaya yang akan dipancarkan akan tersebar pada seluruh spektrum frekuensi (f) dan panjang gelombang (λ) per satuan luas per satuan waktu. Tahun 1887, Hertz dalam bukunya Siregar menyatakan bahwa apa bila suatu cahaya dikenakan pada suatu lapisan logam tertentu maka akan terjadi lucutan elektron dari permukaan logam tersebut. Gejala ini dikenal dengan *efek foto listrik* (Siregar, 2010 :3). Sehubungan dengan pemikiran Einstein untuk fenomena ini berdasarkan rumusan Planck, telah menguatkan gagasan kuantisasi energi Planck untuk diterima secara luas. Peristiwa terlepasnya elektron dari permukaan logam (katoda) karena pengaruh energi foton dari luar disebut dengan gejala foto listrik atau gejala foto elektron (Oktova, 2001: 315).

Efek fotolistrik diamati melalui prosedur dalam Gambar 2, sebagai berikut; dua buah pelat logam (lempengan logam tipis) yang terpisah ditempatkan di dalam tabung hampa udara. Di luar tabung kedua pelat ini dihubungkan satu sama lain dengan kawat yang terpasang amperemeter. Mula-mula tidak ada arus yang mengalir karena kedua plat terpisah, ketika cahaya yang sesuai dikenakan kepada salah satu pelat, arus listrik terdeteksi pada amperemeter atau galvanometer ($i_G \neq 0$). Ini terjadi akibat adanya elektron-elektron yang lepas dari satu pelat dan menuju ke pelat lain secara bersamaan membentuk arus listrik. Aliran elektron-elektron inilah yang menimbulkan arus listrik. Elektron yang terlepas dari permukaan katoda memiliki energi kinetik yang cukup untuk sampai di anoda. Pada peristiwa efek foto listrik ini disebut foto elektron. Aplikasi Efek fotolistrik merupakan prinsip dasar dari berbagai piranti fotonik (*photonic device*) seperti lampu LED (*light emitting device*) dan piranti detektor cahaya (*photo detector*).



Gambar 3. Skema proses terjadinya efek foto listrik.

Supaya dapat terjadi efek foto listrik (Gambar 3), maka harus dikenai berkas cahaya dari luar dan memenuhi beberapa persyaratan, diantaranya frekuensi berkas cahaya yang menyinari katoda harus lebih besar dari frekuensi ambang bahan atau panjang gelombang berkas cahaya yang menyinari katoda harus lebih kecil dari panjang gelombang ambang bahan logam (katoda). Frekuensi ambang adalah frekuensi terkecil yang diperlukan untuk melepaskan elektron dari permukaan logam yang dilambangkan dengan f_0 , sedangkan panjang gelombang ambang adalah panjang gelombang terbesar yang diperlukan untuk melepaskan elektron dari permukaan logam. Logam-logam yang berlainan jenis akan mempunyai frekuensi ambang dan panjang gelombang ambang yang berbeda-beda.

Bila berkas cahaya yang mengenai permukaan logam katoda memiliki energi foton hf dan energi ambang bahan katodanya adalah hf_0 maka elektron akan terlepas dari permukaan logam dengan energi kinetik sebesar

$$E_k = hf - hf_0 \quad (1)$$

dimana,

E_k : energi kinetik elektron yang terlepas

hf : energi foton berkas cahaya dari luar

hf_0 : energi ambang bahan logam (katoda)

Persamaan (1) dapat pula dituliskan menjadi $E_k = hf - W$, dengan $W = hf_0$ (sebagai fungsi kerja). Jadi sisa energi sebesar $(hf - hf_0)$ dapat dipakai untuk melepaskan elektron dari permukaan logam, yang digunakan menjadi energi kinetik elektron. Dari penjelasan Einstein diperoleh,

- Bila $hf = hf_0$ maka $E_k = 0$, untuk $f < f_0$, elektron tidak akan lepas dari ikatan ion permukaan bahan logam. Sehingga supaya dapat terjadi efek foto listrik, maka $f > f_0$ atau haruslah $\lambda < \lambda_0$.
- Beda potensial antara katoda dan anoda (V_b) sebanding dengan energi kinetik elektron yang terlepas. Jadi, $eV_b = E_k$.
- Untuk cahaya dengan frekuensi f , kenaikan intensitas penyinaran hanya berarti kenaikan jumlah foton yang masing-masing mempunyai energi hf , karena satu foton hanya dapat diserap oleh satu elektron, maka kenaikan jumlah foton ini sama sekali tidak mempengaruhi besarnya E_k , melainkan hanya menambah jumlah elektron yang terlepas dari permukaan keeping logam.

Bila yang diketahui adalah panjang gelombang ambang logam, dan panjang gelombang berkas cahaya dari luar, maka persamaan (1) dapat menjadi

$$E_k = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} \quad (2)$$

Dalam (Siregar, 2010 : 4), hasil percobaan Milikan untuk efek fotoelektrik pada natrium diperoleh kemiringan garis adalah h/e , penentuan eksperimental dari kemiringan ini memberikan suatu cara untuk menentukan tetapan Planck. Perpotongannya dengan sumbu datar memberikan frekuensi puncak, tetapi pada saat Milikan melakukan percobaannya, potensial kontak elektroda-elektroda tidak diketahui secara tepat sehingga skala vertikal tergeser beberapa persepuluh volt, namun kemiringan kurva tidak terpengaruh oleh koreksi ini. Menurut Planck, cahaya terdiri atas catu-catu energi yang disebut foton (photon) dimana energi tiap fotonnya adalah:

$$E_p = hf, \quad (3)$$

dengan h konstanta Planck dan f frekuensi cahaya. Menurut Einstein, tiap foton berinteraksi dengan satu elektron dan berlaku,

$$E_p = E_b + E_k \quad (4)$$

dimana E_b energi elektron pada logam, dan E_k energi kinetik maksimum elektron foto untuk bergerak menuju anoda. Dari persamaan itu dapat disimpulkan bahwa energi kinetik elektron tidak bergantung pada intensitas cahaya, melainkan pada frekuensi cahaya.

Jika dikenakan tegangan balik V_b maka tidak semua elektron dapat mencapai anoda akibatnya kuat arus yang ditunjukkan amperemeter akan turun, jika tegangan balik diperbesar sampai ke suatu nilai V_0 (yaitu, $V_b = V_0$) dan ternyata amperemeter menunjukkan nol ($I = 0$), ini berarti besarnya tegangan balik elektron sama dengan besarnya energi kinetik yang membawa elektron menuju anoda, yaitu

$$eV_0 = E_k \quad (5)$$

untuk $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C. Karena energi kinetik tidak bergantung pada intensitas, ini berarti V_0 bergantung pada frekuensi atau panjang gelombang saja, maka Pers. (4) menjadi

$$h \frac{c}{\lambda} = E_b + eV_0 \quad (6)$$

Metode Penelitian

Suatu cahaya dengan intensitas tertentu dan panjang gelombang (λ) yang di ubah-ubah ditetapkan dari suatu panel pemilihan fungsi cahaya pada perangkat lunak PhET, kemudian data tegangan balik (V_0) diatur sedemikian hingga setimbang dengan laju energi kinetik elektron yang bergerak menuju anoda. Selanjutnya data matematis elektronvolt (eV_0) dengan seperpanjang gelombang cahaya ($1/\lambda$) dianalisis dengan metode regresi linier, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 3. Dengan mengubah Persamaan (6) ke bentuk persamaan garis lurus, menjadi:

$$eV_0 = hc \frac{1}{\lambda} - E_b, \quad (7)$$

maka besarnya konstanta Planck h diperoleh berdasarkan kemiringan (gradien) grafik antara eV_0 dengan $1/\lambda$. Dari persamaan (7) yang sesuai persamaan $\hat{y} = ax + b$, dimana $y = eV_0$; $x = 1/\lambda$; dan $a = hc$. Maka,

$$h = a/c \quad (8)$$

beserta ralatnya sebesar

$$s_h = s_a / c. \quad (9)$$

dimana a adalah kemiringan grafik yang dirumuskan dengan

$$a = \frac{N \sum (x_i y_i) - \sum x_i \sum y_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}, \quad (10)$$

dan titik potong grafiknya adalah:

$$b = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum (x_i y_i)}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (11)$$

harga a dan b yang telah diperoleh selanjutnya digunakan untuk membentuk persamaan garis lurus estimasi $\hat{y} = ax_i + b$. Kesalahan yang muncul saat melakukan estimasi adalah ralat baku estimasi

$$s_{\hat{y}} = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{N - 2}} \quad (12)$$

dan ralat baku koefisien a dan b adalah

$$s_a = s_{\hat{y}} \sqrt{\frac{N}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}, \quad (13)$$

dan,

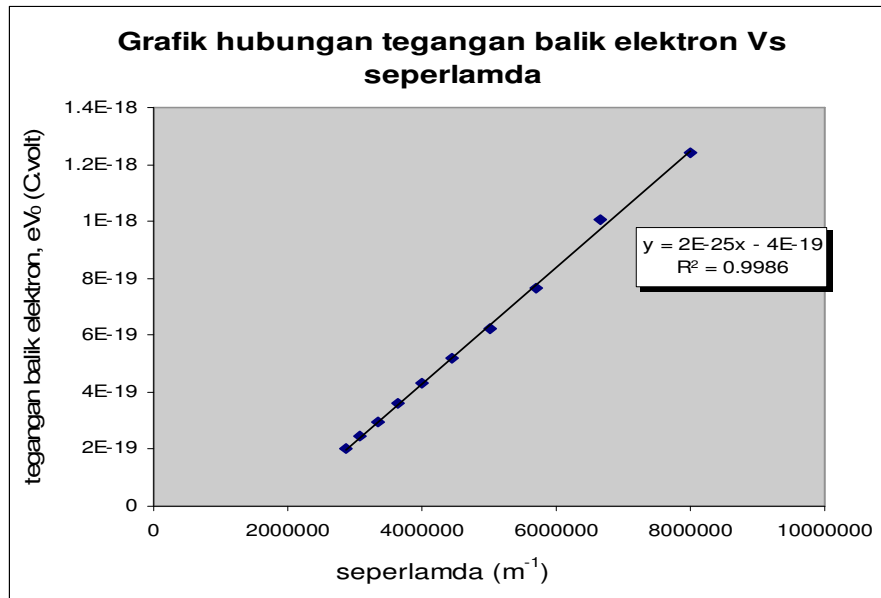
$$s_b = s_{\hat{y}} \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}} \quad (14)$$

Berdasarkan kemiringan kurva antara eV_0 dengan $1/\lambda$, maka konstanta Planck dapat dihitung dengan menggunakan Pers (8), dengan ralat dihitung dengan menggunakan prinsip perambatan ralat pada persamaan (9). Dan rata-rata nilai konstanta Planck dari masing-masing cahaya dihitung dengan prinsip rata-rata berbobot.

4. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Analisis data untuk cahaya UV (Ultra Violet), Elektroda : Sodium, dan Intensitas : 100 %.

i	Data Percobaan		x	y	$x.y$	x^2	y_{est}	$(y-y_{est})^2$
	λ (nm)	V_0 (volt)						
1	125	7.75	8000000	1.24E-18	9.92E-12	6.4E+13	1.24942E-18	8.87312E-41
2	150	6.3	6666666.667	1.008E-18	6.72E-12	4.44E+13	9.76981E-19	9.62174E-40
3	175	4.8	5714285.714	7.68E-19	4.389E-12	3.27E+13	7.82382E-19	2.06843E-40
4	200	3.9	5000000	6.24E-19	3.12E-12	2.5E+13	6.36433E-19	1.54573E-40
5	225	3.25	4444444.444	5.2E-19	2.311E-12	1.98E+13	5.22917E-19	8.50681E-42
6	250	2.7	4000000	4.32E-19	1.728E-12	1.6E+13	4.32104E-19	1.07658E-44
7	275	2.25	3636363.636	3.6E-19	1.309E-12	1.32E+13	3.57802E-19	4.82985E-42
8	300	1.85	3333333.333	2.96E-19	9.867E-13	1.11E+13	2.95884E-19	1.33561E-44
9	325	1.55	3076923.077	2.48E-19	7.631E-13	9.47E+12	2.43492E-19	2.03186E-41
10	350	1.25	2857142.857	2E-19	5.714E-13	8.16E+12	1.98585E-19	2.00247E-42
Σ	2375	35.6	46729159.73	5.696E-18	3.182E-11	2.44E+14	5.696E-18	1.448E-39



Gambar 4. Grafik hubungan tegangan balik terhadap seperlpanjang gelombang sinar UV.

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 c &= 3.00\text{E}+08 & \text{m/s} & & s_{\text{yest}} &= 1.34536\text{E}-20 \text{ CV} \\
 a_1 &= 2.04\text{E}-25 & \text{CVm} & & & \\
 sa_1 &= 2.67\text{E}-27 & \text{CVm} & & & \\
 b &= -3.85212\text{E}-19 & \text{CV} & & & \\
 s_b &= 1.31671\text{E}-20 & \text{CV} & & &
 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi, } \left. \begin{aligned}
 h &= 6,81 \times 10^{-34} \text{ J.s, (CVs)} \\
 h_h &= 8,89 \times 10^{-36} \text{ J.s, (CVs)}
 \end{aligned} \right\} h = (6,81 \pm 0,09) \times 10^{-34}$$

Tabel 2. Hasil analisis data untuk tiga jenis cahaya (Bahan Plat : Sodium, Intensitas 100%).

Cahaya	λ (nm)	a (CVm)	h (J.s)	h_{rata} (J.s)
UV	125 s/d 350	$2,04 \times 10^{-25}$	$(6,81 \pm 0,09) \times 10^{-34}$	
Ungu	380 s/d 425	$1,97 \times 10^{-25}$	$(6,55 \pm 0,36) \times 10^{-34}$	$(6,80 \pm 0,09) \times 10^{-34}$
Biru	430 s/d 475	$2,95 \times 10^{-25}$	$(9,85 \pm 2,25) \times 10^{-34}$	

Logam dengan bahan sodium yang diradiasi oleh sinar UV dengan intensitas 100 % dalam *range* panjang gelombang sebesar (125-350) nm, dimana tanpa diberikan tegangan balik menunjukkan semakin besar panjang gelombang yang diberikan maka elektron bergerak semakin lambat menuju anoda. Sedangkan pada sinar ungu makin besar panjang gelombang yang diberikan maka elektron bergerak semakin cepat, akan tetapi jumlah elektron yang bergerak semakin berkurang yang ditunjukkan juga pada arus yang semakin kecil. Untuk sinar biru dengan panjang gelombang dimulai dari 430 nm elektron bergerak dengan sedang, dan ketika panjang gelombang sebesar 475 nm elektron bergerak dengan lambat serta beberapa

elektron tidak sampai pada anoda dan jumlah elektron sangat sedikit. Ini disebabkan karena energi kinetik maksimum pada elektron bergantung pada panjang gelombang, itulah yang menyebabkan elektron yang dipancarkan kehilangan energi ketika panjang gelombang ditambahkan karena semakin besar panjang gelombang maka semakin besar energi yang dibutuhkan. Hal ini sesuai dengan fakta eksperimental yang diterangkan teori gelombang cahaya. Dari percobaan ini, fakta-fakta terinci efek fotolistrik diantaranya ; Jumlah pemancaran elektron bergantung pada intensitas cahaya.; Laju pemancaran elektron tak bergantung pada panjang gelombang cahaya di bawah suatu panjang gelombang tertentu, di atas nilai itu harus

secara berangsur-angsur menurun hingga menjadi 0 pada suatu panjang gelombang pancung λ_c . Panjang gelombang λ_c ini biasanya terdapat pada spektrum daerah biru dan ultraviolet.; Energi kinetik maksimum elektron yang dipancarkan tidak bergantung pada intensitas cahaya, tetapi hanya bergantung pada panjang gelombangnya, energi kinetik ini didapati secara linier terhadap frekuensi sumber cahaya.

Hasil pengamatan terhadap gejala efek fotolistrik memunculkan sejumlah fakta yang merupakan karakteristik dari efek fotolistrik, yaitu : ¹⁾Hanya cahaya yang sesuai (yang memiliki frekuensi yang lebih besar dari frekuensi tertentu saja) yang memungkinkan lepasnya elektron dari pelat logam atau menyebabkan terjadi efek fotolistrik (yang ditandai dengan terdeteksinya arus listrik pada kawat). Frekuensi tertentu dari cahaya dimana elektron terlepas dari permukaan logam disebut frekuensi ambang logam. Frekuensi ini berbeda-beda untuk setiap logam dan merupakan karakteristik dari logam itu. ²⁾Ketika cahaya yang digunakan dapat menghasilkan efek fotolistrik, penambahan intensitas cahaya dibarengi pula dengan penambahan jumlah elektron yang terlepas dari pelat logam (yang ditandai dengan arus listrik yang bertambah besar). Tetapi, Efek fotolistrik tidak terjadi untuk cahaya dengan frekuensi yang lebih kecil dari frekuensi ambang meskipun intensitas cahaya diperbesar. ³⁾Ketika terjadi efek fotolistrik, arus listrik terdeteksi pada rangkaian kawat segera setelah cahaya yang sesuai disinari pada pelat logam. Ini berarti hampir tidak ada selang waktu elektron terbebas dari permukaan logam setelah logam disinari cahaya (kurang dari 10^{-9} detik).

Adapun berbagai macam sinar dan bahan yang dipakai semuanya tidak mempengaruhi nilai h , atau dengan kata lain nilai h sama untuk setiap bahan dan sinar serta intensitas yang dipakai.

Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil eksperimen, nilai rata-rata konstanta Planck (h) yang diperoleh dengan menggunakan PhET adalah $(6,80 \pm 0,09) \times 10^{-34}$ J.s, dengan penyimpangan sebesar 2,55% terhadap nilai acuan $6,62618 \times 10^{-34}$ J.s. Dengan demikian, percobaan dengan menggunakan program PhET dapat membuktikan nilai tetapan Planck dengan baik, dan dapat menunjukkan bahwa energi kinetik foto-elektron tidak bergantung pada intensitas cahaya. Untuk itu media PhET

dapat digunakan sebagai salah satu cara meningkatkan ketrampilan proses dalam pembelajaran fisika, sehingga diharapkan dapat membantu dalam memahami konsep dan teori fisika secara mudah, cepat dan praktis.

Daftar Pustaka

- E. Siregar, Rustam. 2010. *Teori dan Aplikasi Fisika Kuantum*. Bandung : Widya Padjadjaran.
- C. Wieman, W. Adams, P. Loeblein, and K. Perkins. 2009. *Teaching physics using PhET simulations*. Diambil pada tanggal 20 November 2011 dari http://phet.colorado.edu/teacher_ideas/classroom-use.php.
- Kamajaya. 1996. *Penuntun Belajar FISIKA 3*. Bandung : Ganeca Exact Bandung
- Krane, Kenneth. 2008. *Fisika Modern*. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Okimustava. 2008. "Pengaruh Cooperative Learning Terhadap Prestasi Belajar Siswa dalam Pokok Bahasan Hukum Ohm di SMA Negeri 1 Majenang Tahun Ajaran 2007/2008". *Skripsi* tidak diterbitkan. Program Studi Pendidikan Fisika. Universitas Ahmad Dahlan : Yogyakarta.
- Oktova. 2001. *Ringkasan Fisika Untuk Persiapan Seleksi Masuk Perguruan Tinggi*. Jurusan FMIPA : Universitas Ahmad Dahlan.
- Roestiyah. 2008. *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Supriyadi. 2002. *Panduan untuk Merancang Eksperimen Fisika Sederhana*. Jurdik Fisika FMIPA : UNY.
- S. B. McKagan, W. Handley, K. K. Perkins, and C. E. Wieman. 2008. *A Research-Based Curriculum for Teaching the Photoelectric Effect*. American Journal of Physics, in press. Diambil pada tanggal 20 November 2011 dari <http://phet.colorado.edu/research/index.php>.