

Analisis penyimpangan konversi energi listrik menjadi kalor pada perangkat eksperimen Hukum Joule

H Kunlestiowati

Politeknik Negeri Bandung
Jln. Geger Kalong Hilir, Ds Ciwaruga, Bandung
Surat-e: kunpolban@yahoo.co.id

Perubahan bentuk energi listrik menjadi kalor dikenal dengan Hukum Joule, yang menyatakan bahwa energi listrik dapat diubah menjadi energi panas. Penelitian ini bertujuan untuk mencari penyimpangan kalor yang dihasilkan dari energi listrik menggunakan perangkat eksperimen Hukum Joule. Pada penelitian ini air dipanaskan dalam kalorimeter, dengan arus, tegangan listrik dan waktu pemanasan dan pendinginan dibuat tetap. Hasil pengamatan menggunakan alat Joule meter menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara energi panas pada air 100 gram dengan nilai rata-rata energi panas 2736,72 J dan air 150 gram dengan nilai rata-rata energi panas 2651,04 J. Grafik antara energi panas terhadap energi listrik menunjukkan perbedaan gradien pada suhu 23,5 °C yaitu 0,91 untuk air 100 gram dan 0,99 untuk air 150 gram, sedangkan pada suhu 25,5 °C untuk air 100 gram dan 150 gram gradiennya adalah 0,99 dan 0,64. Hasil tersebut menunjukkan penyimpangan konversi energi listrik menjadi kalor pada perangkat eksperimen hukum Joule.

The transformation of electrical energy into heat energy is known as Joule's Law, which states that electrical energy can be converted into heat energy. This study aims to find the distortion of heat generated by electrical energy using the Joule Law experiment device. In this study, water is heated in the calorimeter, with constant current, electric voltage and heating and cooling times. The result of observation using Joule meter shows significant difference between heat energy in 100 grams water with the average value of heat energy 2736.72 J and 150 grams water with the average value of heat energy 2651.04 J. The graph of heat energy towards electrical energy shows gradient difference at temperature 23.5 °C that is 0,91 for 100 grams water and 0,99 for 150 grams water, while at temperature 25.5 °C for 100 grams and 150 grams water the gradient are 0.99 and 0.64. The result of this study shows the deviation of the conversion of electrical energy into heat in the Joule law experiment device.

Kata kunci: Hukum Joule, Kalor, Energi Listrik

I. Pendahuluan

Konversi energi merupakan kondisi fisis perubahan bentuk energi dari satu bentuk menjadi bentuk yang lain. Salah satu contoh konversi energi adalah energi listrik dapat berubah menjadi energi panas (kalor), hal ini harus memperhatikan kesetaraan antara satuan energi listrik dan kalor, kesetaraan tersebut adalah bahwa 1 joule = 0,24 kalori. Bilangan 0,24 merupakan nilai kesetaraan antara joule dan kalori. Salah satu alat untuk mengubah energi listrik menjadi kalor dilengkapi dengan elemen pemanas, dialiri arus listrik, yaitu aliran elektron yang mengalir melalui elemen pemanas, sehingga dapat mengubah energi

listrik menjadi kalor. Kalor merupakan kemampuan yang terjadi akibat adanya perubahan suhu, yang banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari [1,2]. Dalam kenyataan, pada umumnya yang terjadi adalah besar energi panas yang dihasilkan tidak sebesar energi listrik, karena sebagian energi dilepas ke sistem [1]. Agar jumlah energi panas yang dihasilkan sama dengan energi listrik perlu dilakukan optimasi melalui faktor/besaran fisis yang mempengaruhi jumlah energi listrik dan kalor, harapannya agar perbedaan jumlah kalor yang dihasilkan dengan energi listrik tidak terlalu jauh, atau dapat dikatakan penyimpangan hukum Joule tidak terlalu besar. Pada penelitian ini dilakukan analisis penyimpangan konversi energi listrik menjadi kalor pada perangkat eksperimen

hukum joule, dengan mengamati besaran yang mempengaruhi energi listrik maupun kalor

Sejauh ini percobaan yang sudah dilakukan menggunakan alat eksperimen hukum joule, belum mendapatkan hasil yang optimum, yaitu besar kalor yang dihasilkan belum sama dengan energi listrik artinya prinsip hukum kekekalan energi belum dapat terbukti. Dengan demikian timbul permasalahan untuk mengkaji besaran-besaran yang berpengaruh terhadap energi listrik dan kalor. Kondisi ini mendorong perlu adanya kegiatan penelitian sebagai masukan bahan kajian berupa analisis besaran-besaran yang berpengaruh terhadap energi listrik dan kalor. Besaran yang akan dikaji dibatasi hanya massa air yang diubah, besaran lain yaitu: arus, tegangan, waktu pemanasan dan waktu pendinginan dibuat tetap.

II. Kajian Pustaka

Energi merupakan besaran yang kekal, artinya energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari suatu bentuk satu ke bentuk yang lain namun tidak merubah jumlah atau besar energi secara keseluruhan[3]. selanjutnya yang akan dibahas adalah kalor dan energi listrik. kalor adalah energi yang timbul saat terjadinya perubahan suhu benda, dan menjalar dari bagian yang panas ke bagian yang dingin. energi listrik adalah energi yang ditimbulkan oleh benda yang bermuatan listrik. muatan listrik yang diam (statis) menimbulkan energi potensial listrik, sedangkan muatan listrik yang bergerak (dinamis) menimbulkan arus listrik dan energi magnet. arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir tiap satuan waktu. tegangan listrik adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik dan dinyatakan dalam satuan volt. energi listrik adalah energi akhir yang dibutuhkan bagi peralatan listrik untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan ataupun untuk menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi lain. [1,3,5].

Jika beda potensial V , kuat arus I , dan waktunya t maka persamaan untuk energi listrik adalah :

$$W = V.I.t \quad (1)$$

dengan,

V = beda potensial (volt)

I = kuat arus (ampere)

t = waktu (sekon)

W = energi yang dilepaskan oleh sumber tegangan (joule)

Kalor merupakan satu bentuk energi yang berpindah akibat perbedaan suhu. Panas bergerak dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah. Ketika dua benda dengan suhu berbeda bersentuhan, maka akan terjadi pertukaran energi internal sampai suhu kedua benda tersebut seimbang[3,5]. Jumlah panas secara matematis dapat ditulis sabagai berikut

$$Q = mc\Delta T \quad (2)$$

Q = banyaknya kalor (jumlah panas) dalam joule

m = adalah massa benda dalam kg

c = adalah kalor jenis dalam joule/kg °C, dan

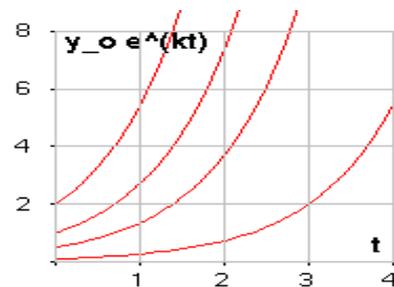
ΔT = adalah besarnya perubahan suhu dalam °C.

Perubahan suhu (ΔT) untuk menghasilkan kalor, memenuhi persamaan Hukum Pendinginan Newton yang menyatakan bahwa laju perubahan pendinginan suhu suatu benda sebanding dengan perbedaan antara suhu sendiri dan suhu ambien (yaitu suhu sekitarnya). Hukum Newton membuat pernyataan tentang tingkat sesaat perubahan suhu [2,4], yaitu

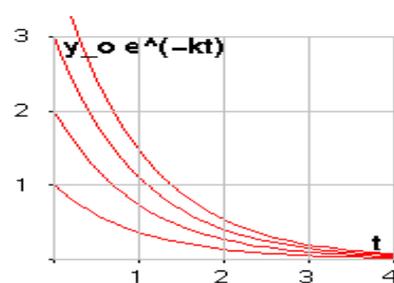
$$\frac{dT}{dt} = k(T - T_0) \quad (3)$$

Besaran dT/dt merupakan fungsi temperatur (suhu) terhadap waktu, k adalah konstanta, T adalah suhu pada saat t sekon, dan T_0 adalah suhu pada saat $t = 0$ sekon. Nilai k tidak diketahui, namun nilainya bisa didapat dengan menurunkan persamaan diatas.(nilai dari k dapat berharga $-k$ dan $+k$, hal ini dapat ditentukan dengan cara: apabila suhunya mengalami kenaikan nilai yang dipakai adalah $+k$, sebaliknya bila suhu mengalami penurunan maka nilainya adalah $-k$).

Berikut adalah grafik dari nilai k . [4]



Gambar 1. Peningkatan Suhu (+k)



Gambar 2. Penurunan suhu (-k)

Hukum Joule merupakan salah satu contoh dari prinsip hukum kekekalan energi, yang menyatakan bahwa energi listrik yang terjadi pada kawat yang dialiri arus listrik dapat di ubah menjadi kalor, berdasarkan pernyataan ini seharusnya[1,3,5]

$$W = Q \quad (4)$$

III. Metode Penelitian/Eksperimen

Metode penelitian adalah metode analisis deskriptif. Dalam pengambilan data alat yang digunakan seperti pada Gambar 3 dan Gambar 4.

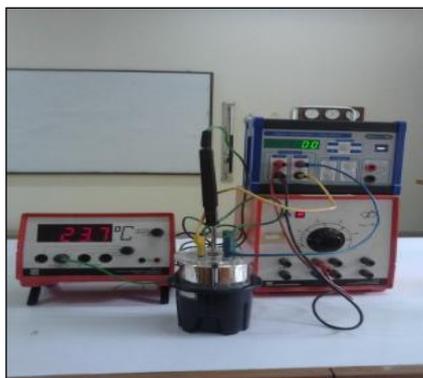
Uji statistik dilakukan untuk pengambilan data pertama, yaitu :

Satu besaran yang berpengaruh terhadap kalor yaitu massa air 150 gram dan 150 gram, diamatai sebanyak 25 kali. Sedangkan besaran yang berpengaruh terhadap energi listrik dibuat tetap , kumparan diberi arus 3 A, tegangan listrik 8 Volt dengan waktu pemanasan 120 detik, dan waktu pendinginan 240 detik.

Untuk membandingkan pengaruh massa air terhadap kalor hasil uji statistik, dilakukan pengambilan data kembali menggunakan joule meter, grafik kalor terhadap energi listrik dibuat berbantuan program Octave.



Gambar 3. Alat Percobaan Hukum Joule menggunakan Voltmeter dan Amperemeter



Gambar 4. Alat percobaan Hukum Joule menggunakan Joulemeter

IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Teknik analisis deskriptif

Teknik analisis deskriptif bertujuan untuk menjelaskan mengenai keseluruhan data, dimana dapat dilihat nilai minimum, nilai maksimum, dan rata-rata dari masing-masing data penelitian. Berikut disajikan deskriptif dari masing-masing data penelitian. Tabel I menggambarkan

perubahan suhu untuk pemanasan air sebanyak 100 gram selama 120 detik dan pendinginan selama 240 detik yang dilakukan sebanyak 25 kali pengamatan. Kalor yang dihasilkan merupakan hasil perkalian massa, kalor jenis ($4,2 \text{ J/gram } ^\circ\text{C}$) dan perubahan suhu (ΔT) air, yang dalam perhitungannya menggunakan persamaan (III).

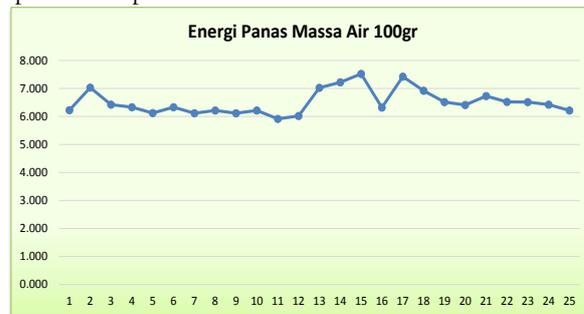
Berdasarkan Output SPSS, dapat diketahui nilai maksimum, nilai minimum, dan rata-rata perubahan suhu untuk massa air 100 gr, berturut turut $7,522^\circ\text{C}$; $5,918^\circ\text{C}$; dan rata-rata perubahan suhu sebesar $6,516^\circ\text{C}$.

Untuk massa air 150 gram, berdasarkan output SPSS pada Tabel 2 dengan nilai minimum, nilai maksimum, dan rata-rata perubahan suhu berturut turut 4.620°C , 3.818°C ; dan 4.208°C .

Tabel I. Perubahan suhu untuk massa air 100 gram

No	Perubahan suhu ($^\circ\text{C}$)	Keterangan
1	6,2315	
2	7,0353	
3	6,4287	
4	6,3331	
5	6,1275	
6	6,332	
7	6,1221	
8	6,2184	
9	6,122	
10	6,2179	
11	5,918	
12	6,024	
13	7,0251	
14	7,2212	
15	7,5218	
16	6,3243	
17	7,4264	
18	6,9255	
19	6,5193	
20	6,4152	
21	6,7299	
22	6,5234	
23	6,5193	
24	6,4253	
25	6,2185	
26	7,522	Suhu maksimum
27	5,918	Suhu minimum
28	6,516	Suhu rata-rata

Dari Tabel I jika dibuat grafik, untuk perubahan suhu dapat dilihat pada Gambar V



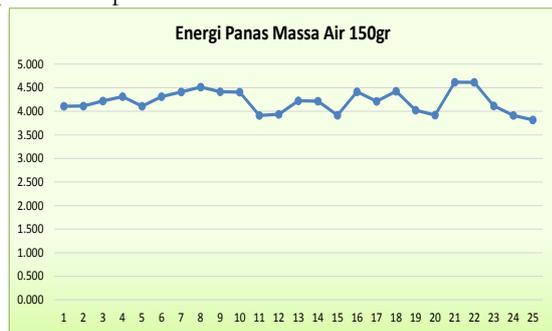
Gambar 5. Perubahan Suhu(ΔT) untuk massa air 100 gram

Untuk massa air 150 gram, berdasarkan output SPSS pada Tabel 2 dengan nilai minimum, nilai maksimum, dan rata-rata perubahan suhu berturut turut 4.620 °C, 3.818 °C; dan 4.208 °C

Tabel 2. Perubahan suhu untuk massa air 150 gram

No	Perubahan suhu (C°)	Keterangan
1	4,1064	
2	4,1108	
3	4,2176	
4	4,3114	
5	4,1097	
6	4,3128	
7	4,413	
8	4,5133	
9	4,4162	
10	4,4076	
11	3,9126	
12	3,9356	
13	4,2234	
14	4,2171	
15	3,9177	
16	4,4164	
17	4,2101	
18	4,4262	
19	4,0233	
20	3,9191	
21	4,6197	
22	4,6152	
23	4,1175	
24	3,9141	
25	3,8182	
26	4.620	Suhu maksimum
27	3.818	Suhu minimum
28	4.208	Suhu rata-rata

Dari Tabel 2 jika dibuat grafik, untuk perubahan suhu dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Perubahan Suhu (ΔT) untuk massa air 100 gram

Uji Perbandingan Statistik Uji Normalitas

Uji normalitas yang digunakan adalah metode *Kolmogorov-Smirnov*. Berikut disajikan secara lengkap perhitungan hasil uji normalitas data perubahan suhu untuk massa air 100 gram dan 150 gram, dengan masing-masing perubahan suhunya.

Tabel 3. Uji Normalitas data perubahan suhu yang menghasilkan kalor untuk air 100 gram dan 150gram

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test			
		Perubahan T (Energi Panas) Massa Air 100gr	Perubahan T (Energi Panas) Massa Air 150gr
N		25	25
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	6.516228	4.208200
	Std. Deviation	.4386569	.2332845
Most Extreme Differences	Absolute	.213	.124
	Positive	.213	.119
	Negative	-.104	-.124
Kolmogorov-Smirnov Z		1.067	.618
Asymp. Sig. (2-tailed)		.205	.839

a. Test distribution is Normal.
b. Calculated from data.

Dari perhitungan diperoleh nilai *Asymp.Sig.(2-tailed)* sebesar 0.205 untuk data perubahan suhu massa air 100 gram, dan sebesar 0.839 untuk massa air 150 gram. Dikarenakan nilai *Asymp.Sig.(2-tailed)* data perubahan suhu massa air 100 gram dan 150 gram lebih besar dari α (*Asymp.Sig.* > 0,05), dapat disimpulkan bahwa data perubahan suhu massa air 100 gram dan 150 gram berdistribusi normal.

Uji Homogenitas

Uji homogenitas yang digunakan adalah metode *Levene-test*. Berikut disajikan secara lengkap perhitungan hasil uji homogenitas data perubahan suhu massa air 100 gram dan massa air 150 gram. Dari perhitungan diperoleh nilai *p-value* sebesar 0.053. Dikarenakan nilai *p-value* lebih besar dari pada α (*Asymp.Sig.* > 0,05) atau $0.053 > 0.05$, dapat disimpulkan bahwa data perubahan suhu air 100 gram dan 150 gram homogen.

Tabel 4. Uji Homogenitas data perubahan suhu 100 gr dan 150 gr

Test of Homogeneity of Variances

Perubahan T (Energi Panas)			
Levene Statistic	df 1	df 2	Sig.
6.584	1	48	.053

Dari hasil uji normalitas di atas, dapat diketahui bahwa tidak terdapat pelanggaran terhadap asumsi pengujian. Oleh sebab itu pengujian akan dilakukan menggunakan metode parametrik, yaitu menggunakan *Independent t-test*. Uji Homogenitas tersebut hasilnya terdapat pada Tabel 4.

Independent t-test

Independent t-test adalah salah satu metode pengujian hipotesis dimana data yang digunakan bebas (tidak berpasangan) dan berdistribusi normal.

Pengujian hipotesis:

H_0 : tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara energi panas (kalor) dari massa air 100gr dan kalor dari massa air 150gr;

H_1 : terdapat perbedaan yang signifikan antara energi panas dari massa air 100gr dan energi panas dari massa air 150gr.

α : 5%

Dengan bantuan aplikasi Program SPSS versi 19.0 didapat output hasil perhitungan seperti pada Tabel.V

Berdasarkan Tabel V. di atas, diketahui bahwa nilai *p-value* yang diperoleh sebesar 0,000. Jika dibandingkan dengan *alpha* 5%, nilai tersebut lebih kecil ($0,000 < 0,05$) yang menyatakan H_0 ditolak, yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara kalor dari air 100 gram dan air 150 gram, walaupun dengan energi listrik yang sama

Tabel 5. Perbandingan kalor dari air 100 gr dan air 150 gr

		t-test for Equality of Means						
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
Perubahan T (Energi Panas)	Equal variances assumed	23.227	48	.000	2.3080280	.0993663	2.1082386	2.5078174
	Equal variances not assumed	23.227	36.570	.000	2.3080280	.0993663	2.1066128	2.5094432

Uji perbandingan Alat

Air 100 gram dan 150 gram dipanaskan selama 120 detik keduanya dipanaskan dan energinya dibaca melalui Joule meter, hasilnya seperti Tabel 6 dan Tabel 7.

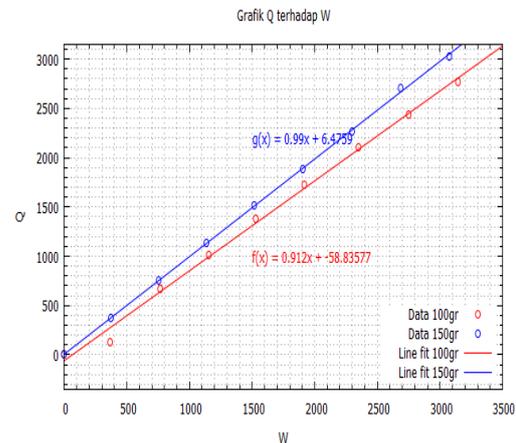
Tabel 6. Perubahan suhu dan energi setiap 15 detik air 100 gram ($T_r = 23,5^\circ\text{C}$)

No	t (detik)	T ($^\circ\text{C}$)	Q (joule)	W (joule)
1	0	22,7	0	0
2	15	23	126	368
3	30	24,3	672	764
4	45	25,1	1008	1156
5	60	26	1386	1529
6	75	26,8	1722	1920
7	90	27,7	2100	2351
8	105	28,5	2436	2751
9	120	29,3	2772	3147

Tabel 7. Perubahan suhu dan energi setiap 15 detik air = 150 gram ($T_r = 23,5^\circ\text{C}$)

No	t (detik)	T ($^\circ\text{C}$)	Q (joule)	W (joule)
1	0	22,5	0	0
2	15	23,1	378	375
3	30	23,7	756	754
4	45	24,3	1134	1136
5	60	24,9	1512	1518
6	75	25,5	1890	1906
7	90	26,1	2268	2298
8	105	26,8	2709	2686
9	120	27,3	3024	3077

Berdasarkan Tabel VI dan VII, jika dibuat grafik hubungan antara kalor (Q) dan energi listrik (W) berbantuan program Oktave dapat ditunjukkan pada Gambar VII



Gambar 7. Hubungan kalor dan energi listrik pada suhu ruang $23,5^\circ\text{C}$

Hasil pengamatan air 100 gram pada tabel 8 dan air 150 gram pada tabel 9 untuk suhu ruang $25,5^\circ\text{C}$.

Dengan cara seperti yang sudah dilakukan sebelumnya, data ditabelkan, di cari besar kalor dan energi listrik diamati melalui Joule meter, maka diperoleh hubungan antara kalor dan energi listrik seperti pada Gambar 8.

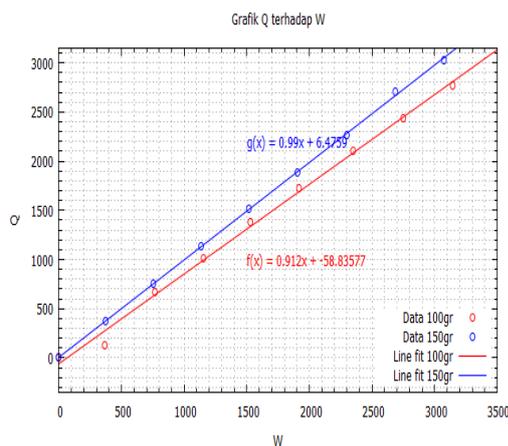
Gambar 7 dan Gambar 8 memperlihatkan adanya perbedaan gradien antara air 100 gram dan 150 gram. Gradien untuk 100 gram dan 150 gram di suhu ruang $23,5^\circ\text{C}$ adalah 0,91 dan 0,99. Pada suhu ruang $25,5^\circ\text{C}$ gradiennya adalah 0,99 dan 0,64. Hal ini menunjukkan bahwa dengan massa air yang berbeda dan energi listrik yang sama, akan diperoleh kalor yang berbeda, seperti uji statistik diatas ada perbedaan yang signifikan. Sedangkan prinsip Hukum Joule, kalor yang dihasilkan sama dengan energi listrik yang diberikan untuk memanaskan zat, atau perbandingan antara jumlah kalor dan energi listrik adalah satu. Dari hasil ini perlu dikaji faktor lain yang mempengaruhi proses konversi energi pada perangkat eksperimen hukum Joule tersebut

Tabel 8. Perubahan suhu dan energi setiap 15 detik air 100 gram ($T_r = 25,5^\circ\text{C}$)

No	t (detik)	T ($^\circ\text{C}$)	Q (Joule)	W (Joule)
1	0	24,3	0	0
2	15	24,6	126	398
3	30	25,3	420	795
4	45	25,8	630	1175
5	60	26,6	966	1590
6	75	27,2	1218	2006
7	90	27,9	1512	2445
8	105	28,5	1764	2854
9	120	29,1	2016	3274

Tabel 9. Perubahan suhu dan energi setiap 15 detik air 150 gram ($T_r = 25,5^\circ\text{C}$)

No	t (detik)	T ($^\circ\text{C}$)	Q (Joule)	W (Joule)
1	0	23,8	0	0
2	15	24,4	378	406
3	30	24,9	693	814
4	45	26,5	1701	1203
5	60	26,2	1512	1647
6	75	26,8	1890	2042
7	90	27,4	2268	2498
8	105	28,4	2898	2922
9	120	29,4	3528	3339



Gambar 8. Hubungan kalor dan energi listrik pada suhu ruang $25,5^\circ\text{C}$

V. Kesimpulan

Berdasarkan paparan hasil analisis dan pembahasan sebagaimana yang telah diuraikan diatas, dapat disimpulkan bahwa massa air berpengaruh terhadap besar kalor, perbedaan massa air menyebabkan perbedaan kalor yang dihasilkan untuk sumber energi listrik yang sama. Hasil ini membuktikan adanya penyimpangan konversi energi listrik menjadi kalor pada perangkat eksperimen Hukum Joule. Berdasarkan perhitungan, grafik dan uji statistik seperti yang diuraikan pada hasil dan pembahasan terdapat kesamaan hasil. Pada dasarnya banyak faktor yang mempengaruhi prinsip konversi energi dari energi listrik menjadi energi panas (kalor).

Penelitian ini belum komprehensif, karena hanya satu besaran (satu variable) yang baru diamati, yaitu perubahan massa air yang dipanaskan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut yaitu mengukur besaran-besaran lain yang berpengaruh terhadap prinsip konversi energi melalui perangkat hukum Joule

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada UPPM Politeknik Negeri Bandung yang telah memberikan Dana Penelitian Mandiri dan Kepala Laboratorium Fisika Terapan Politeknik Negeri Bandung yang telah memberikan kesempatan pada saya menggunakan Alat yang dibutuhkan, hingga penelitian ini dapat berlangsung dengan baik.

Kepustakaan

- [1] Emma Carlson Berne "Heat Energy". The Rosen Publishing Group. p. 18. ISBN 978-1-4488-9886-2, p. 18, Januari 2013
- [2] Kirsten R. Daehler; Jennifer Folsom; Mayumi Shinohara, "Making Sense of Science: Energy: For Teachers of Grades" 6-8. WestEd. ISBN 978-0-914409-78-6, Juni 2011
- [3] Serway, R.A. dan Jewett, John W, Fisika Untuk Sains dan Teknik. Jakarta :Salemba Teknika, 2009
- [4] Suryani dan Santosa, "Pengukuran Konstanta Pendinginan Newton", Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains IX, Salatiga: UKSW, Vol 5, No.1, p. 386-390, 2014
- [5] Tipler, Paul A., Fisika untuk Sains dan Teknik. Jakarta: Erlangga, 2005