



Jurnal Artikel

Pengaruh Sifat Konduktivitas Termal Material Isolator (Kayu, Karet Dan Styrofoam) Terhadap Perpindahan Panas Dan Daya Keluaran Sistem Generator Thermoelectric

Rifky ^{1*}, Vazri Muharom ²

^{1,2} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

¹rifky@uhamka.ac.id, ²vazrimuharom@gmail.com
*Corresponding author – Email: rifky@uhamka.ac.id

Artikel Info -: Received: 3 Dec 2021; Revised: 7 Jan 2022; Accepted: 10 Jan 2022

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan isolator dari ketiga bahan (kayu, karet dan styrofoam) yang akan menghasilkan isolator panas yang baik pada termoelektrik. Penelitian ini dilakukan di lantai terbuka Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA di Jakarta, Indonesia antara Maret-Oktober 2019 dengan menggunakan 3 termoelektrik. Harapan dari percobaan ini adalah untuk menghasilkan listrik yang paling banyak dari ketiga bahan tersebut

Kata kunci: panduan; tulisan; format; judul

Abstract

The purpose of this experiment is to get insulator from all three material (wood, rubber and styrofoam) which will produce a good heat insulator on thermoelectric. This research was conducted on the open floor at the Faculty of Engineering, University Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA in Jakarta, Indonesia between March-October 2019 by using 3 thermoelectric. The hope of this experiment is to produce the most electricity from the three materials

Keywords: Thermal conductivity, Heat Transfer, Isolator, Thermoelectric



© 2020 by authors. Lisensi Jurnal Metal : Manufaktur, Energi, Material Teknik, Uhamka, Jakarta. Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan Creative Commons Attribution (CC-BY) license.

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari tak pernah terlepas dari panas atau kalor. Setiap material memiliki sifat termal yang berbeda-beda tergantung jenis material. Pada umumnya material yang dapat menghantarkan panas hanyalah logam, tetapi sebenarnya material non logam juga dapat menghantarkan panas meskipun nilai konduktivitasnya kecil.

Isolasi termal digunakan untuk mengurangi kerugian energi yang terlalu besar akibat perpindahan panas dari sistem ke lingkungan atau sebaliknya. Isolasi termal berkembang tidak hanya untuk menghindari kebocoran panas, tetapi digunakan untuk mengontrol temperatur. Fungsi isolasi termal sangat penting dalam penggunaan energi panas yang harus seefisien mungkin. Oleh karena itu diperlukan bahan isolasi termal yang memiliki konduktivitas termal material yang rendah (Ali & Kurniawan, 2013).

Konduktivitas termal material merupakan besaran yang menyatakan kemampuan suatu material dalam menghantarkan panas. Nilai konduktivitas termal material suatu bahan tentunya berbeda-beda. Hubungan nilai konduktivitas termal material dengan kemampuan menghantarkan panas adalah sebanding. Artinya jika semakin besar konduktivitasnya, maka semakin besar juga kemampuan dalam menghantarkan panasnya (Mohammad Istajarul Alim, Dina Mardiana, Anita Dwi A., 2017).

Pentingnya nilai konduktivitas termal material adalah untuk menentukan jenis penghantar yaitu konduksi sebagai panas yang baik (konduktor) untuk konduktivitas termal yang besar, sedangkan penghantar panas yang kurang baik (isolator) untuk nilai konduktivitas termal yang kecil (Sulistiyawati Dewi K., Dina Mardiana, Anita Dwi A., 2014).

Berdasarkan uraian di atas, diantara material isolasi antara kayu, karet, dan *styrofoam* yang memiliki sifat konduktivitas

termal material sebagai material isolasi, maka manakah yang tepat yang akan digunakan pada *thermoelectric*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalahnya adalah bagaimana mendapatkan material yang tepat dari ketiga material antara kayu, karet, dan *styrofoam*.

1.3 Batasan Masalah

Pembahasan terhadap masalah yang ada agar tidak meluas dan menyimpang dari tujuan, dalam penelitian ini membatasi masalahnya dengan ruang lingkup sebagai berikut:

1. Material isolator yang dipakai adalah kayu, karet dan *styrofoam*.
2. Jenis *thermoelectric* model TEC1-12706.
3. Penelitian diruang terbuka dengan memanfaatkan panas matahari.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh material isolator (kayu, karet dan *styrofoam*) terhadap perpindahan panas sistem *thermoelectric*.
2. Untuk mengetahui pengaruh material isolator (kayu, karet dan *styrofoam*) terhadap daya keluaran generator *thermoelectric*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat, diantaranya sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan tentang pemilihan material isolator *thermoelectric*.
2. Menambah referensi tentang material isolator *thermoelectric*.
3. Digunakan sebagai salah satu alternatif bahan isolator *thermoelectric*.

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 Energi Surya

Energi surya memiliki peranan yang sangat penting sebagai tujuan ekonomi, sosial, sektor pembangunan berkelanjutan, dan sebagai penunjang dalam kegiatan ekonomi tingkat nasional. Pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk yang semakin meningkat, tentu mendorong perkembangan energi terbarukan yaitu energi alternatif demi memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat. Dalam penggunaannya energi terbarukan biasanya digunakan untuk menggantikan energi fosil yang semakin menipis, contoh dari energi terbarukan seperti: biomassa, panas bumi, energi surya, energi air, dan energi angin (Hamdi, 2017).

Energi surya adalah energi yang berupa sinar dan panas dari matahari dengan cara di pancarkan dan energinya dapat di manfaatkan. Energi ini dapat di peroleh secara gratis sehingga menjadi keuntungan karena tersedia di alam. (Sabin, 2017).

Potensi energi surya yang cukup besar. untuk memanfaatkan potensi energi surya yang ada di Indonesia, ada dua jenis teknologi yang telah diterapkan, yaitu:

1. Teknologi energi fotovoltaik (PV) adalah teknologi yang memanfaatkan cahaya matahari yang mengkonveksikan menjadi energi listrik. Misalnya sistem panas surya pada solar sell. Sistem ini disebut dengan sistem fotovoltaik (PV).
2. Teknologi energi termal adalah pemanfaatan termal (panas) matahari yang baik secara langsung maupun tidak langsung. Pemanfaatan langsung dapat digunakan untuk mengeringkan hasil pertanian (perkebunan dan perikanan) sedangkan pemanfaatan tidak langsung diterapkan pada sistem *thermoelectric* generator, dari panas menjadi listrik.

2.2 Thermoelectric

Sistem *thermoelectric* adalah perangkat panas berstatus solid yang dapat mengubah panas langsung menjadi listrik atau mengubah daya listrik menjadi daya termal untuk pemanasan atau pendinginan (Rui & de Oliveir, 2011).

Ada tiga efek yang dapat diamati ketika rangkaian termokopel dialiri arus listrik, yaitu Efek Seebeck, Efek Peltier dan Efek Thomson.

2.2.1 Seebeck Effect

Kondisi yang terjadi pada Termoelektrik adalah perbedaan suhu antara dua sambungan mengakibatkan tegangan listrik atau dalam kata lain yaitu efek Seebeck (Al-Fikri, 2016). Agar lebih jelasnya dapat melihat persamaan di bawah ini:

$$V = \alpha \cdot \Delta T \quad (1)$$

2.2.2 Peltier Effect s

Penemuannya menjelaskan bahwa ketika tegangan diberikan pada termokopel, maka fenomena akan timbul yaitu perbedaan suhu pada kedua sisinya. Teori ini disebut dengan nama *Thermoelectric Coller* (TEC) (Pepayosa, 2018). Persamaanya dapat dilihat di bawah ini:

$$Q = \alpha \cdot I \cdot T \quad (2)$$

2.2.3 Thomson Effect

William Thomson adalah fisikawan asal Inggris. Pada tahun 1851 penemuannya menyatakan pada saat benda konduktor diberi arus listrik maka fenomena yang terjadi yaitu timbul perbedaan (gradien) temperatur sesuai dengan perpindahan panas yang disebut efek Thomson, (Pepayosa, 2018)

$$q = K \Delta T \quad (3)$$

2.2.4 Konduktivitas Thermoelectric (TE)

Saat ini, bahan *thermoelectric* yang umum adalah material keramik electrical insulator yang dipergunakan adalah *Bismuth telluride* (Bi_2Te_3) and alloys. Berdasarkan spesifikasi TEC1-12706, total hambatan listrik adalah $1.0 \times 10^{-5} \Omega$, di mana koefisien seebeck adalah 185 (V/K) dan konduktivitas termal TEC adalah 1,9 (W/m.K) (Zhou & Chu-ping, 2015).

2.3 Perpindahan Panas

Perpindahan panas atau *heat transfer*, adalah fenomena alam yang kaitanya pada kalor yang mengalami perpindahan panas. Perpindahan panas tidak dapat diukur dan diamati secara langsung, tetapi pengaruhnya dapat diamati dan diukur (Afdhal Kurniawan Mainil, 2012).

Proses perpindahan panas mengenal tiga cara perpindahan, yaitu: konduksi (hantaran), konveksi (aliran), radiasi (sinaran). Perpindahan panas konduksi adalah berperpindahan suatu energi dari bagian yang bersuhu tinggi ke bagian yang bersuhu rendah, interaksi ini terjadi didalam media diam (padat atau cair) dengan terdapat perbedaan temperatur atau temperatur gradien (Wibowo, 2008).

2.3.1 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi terjadi pada benda yang memiliki gradien suhu, dimana perpindahan energi terjadi pada bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah (Firmansyah Burlian, 2014).

$$q = -KA \frac{\Delta T}{\Delta x} \tag{3}$$

2.3.2 Perpindahan Panas Radiasi

Berbeda dengan perpindahan panas secara konduksi dimana perpindahan energi terjadi melalui perantara, pada perpindahan secara radiasi dimana energi bergerak melalui media atau pada ruang hampa dan kemudian akan diserap oleh benda lain (Hariady & Fauzie, 2014).

$$q = \sigma A T_a^4 \tag{4}$$

Ketika energi radiasi menghantam permukaan material, sebagian dari radiasi dipantulkan, sebagian lagi diserap, dan sebagian ditransmisikan, seperti yang ditunjukkan pada persamaan (6). Dimana reflektivitas ρ sebagai fraksi terefleksi, absorptivitas α ketika fraksi terserap, dan transmisivitas τ sebagai fraksi ditransmisikan. (J.P Holman, 2010)

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \tag{6}$$

Tabel 2-1 Sudut Radiasi Matahari

Sudut kejadian, θ	0	30	45
Glass cover			
Absorptivitas α %	5	5	5
Tranmisivitas τ %	90	90	89
Reflektivitas ρ %	5	5	6

Sumber: (Belessiotis, Vassilis, Soteris Kalogirou, n.d.)

Kalor netto (bersih) yang dilepas dari suatu permukaan adalah selisih antara energi yang di pancarkan dan energi yang di serap (J.P Holman, 2010).

$$q = A (eEb - \alpha G) \tag{7}$$

Dalam riset ini energi diperoleh dari pancaran langsung matahari melalui pengukuran intensitas radiasi maka digunakan persamaan dibawah ini (Aby Elsa Putra, Rifky, 2018)

$$q = I_{eff} = \tau . A . I \tag{8}$$

2.4 Daya Keluaran

Daya listrik atau *electrical power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkain.

$$P = V . A \tag{9}$$

2.5 Konduktivitas Termal Material

Konduktivitas termal Material merupakan besaran yang menyatakan kemampuan suatu material dalam menghantarkan suatu panas. Nilai konduktivitas termal menunjukkan seberapa cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu (Wibowo, 2008).

Berdasarkan hal tersebut tentunya nilai konduktivitas termal pada berbagai material akan memiliki nilai yang berbeda-beda. Untuk dapat membandingkannya antar berbagai material, dapat ditulis pada tabel 2.1

Tabel 2-2 Sifat termal berbagai bahan.

Bahan	Temperatur °C	k (W/m. °C)	ρ kg/m ³	c KJ/kg. °C	$\alpha \times 10^6$ m ² /s
Logam					
Aluminium	30	204	2,707	0,896	8.418
Bukan Logam					
Kaca	20	0,78	2700	0,84	3.4
kayu (maple or oak)	30	0,17	540	2.4	1.28
Karet	30	0,15	1200	2.0	0.62
Styrofoam (Polystrene)	30	0,14	1000	1.3	1.1

Sumber: (J.P Holman, 2010)

2.6 Material Isolator

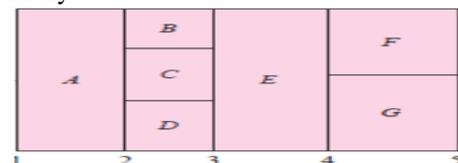
Material yang dapat menghantarkan panas dengan baik disebut konduktor sedangkan yang kurang baik disebut isolator. Isolator adalah suatu zat atau bahan yang tidak bisa menghantarkan panas maupun listrik. Fungsi dari isolator sebagai penghambat arus listrik dan panas. Ada beberapa isolator yang dapat digunakan pada themoelectric, yaitu kayu, karet dan styrofoam.

2.7 Resistensi Termal Dinding

Resistensi adalah suatu ketahanan material terhadap panas yang diterima.

$$R = \frac{\Delta x}{K.A} \tag{10}$$

Resistensi termal itu berbanding lurus dengan ketebalan lapisan material dan berbanding terbalik dengan konduktivitasnya.



Gambar 2-4 Perpindahan panas seri dan paralel

Sumber: (J.P Holman, 2010)

$$R_{total} = R_1 + R_2 + \frac{R_3 * R_4}{R_3 - R_4} \tag{11}$$

$$qt = \frac{\Delta T}{R_{total}} \tag{12}$$

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA Lt. 5 Jl. Tanah Merdeka No. 6, Pasar Rebo Jakarta Timur mulai bulan Maret s/d Oktober 2019.

3.2 Desain Penelitian

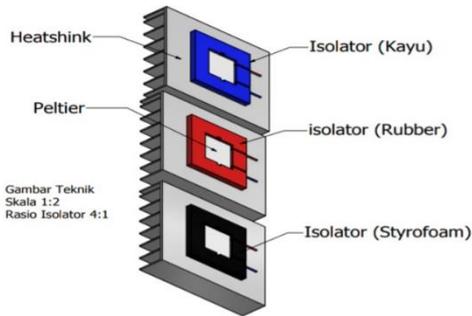
Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental. Parameter yang digunakan

adalah parameter perlakuan (treatment). Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat simulasi seperti gambar 3-1



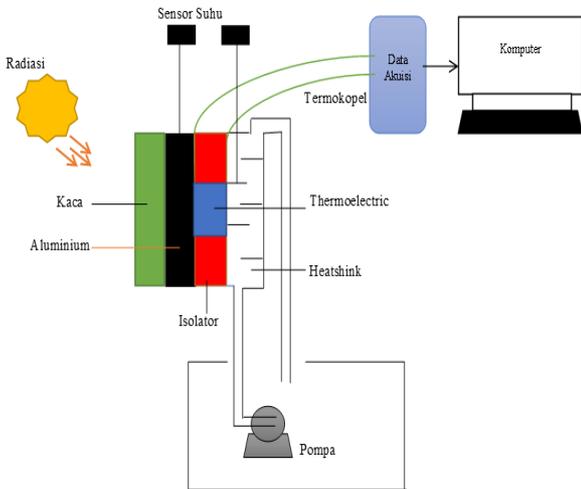
Gambar 3-1 Alat simulasi pengujian

Adapun contoh gambar pemasangan isolator pada sisi thermoelectric dapat dilihat pada gambar 3-2



Gambar 3-2 Gambar contoh isolator

Selain itu contoh gambar skema sistem *thermoelectric* generator dapat dilihat pada gambar 3-3



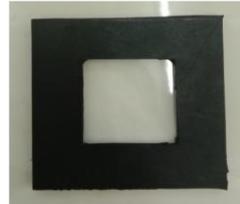
Gambar 3-3 Skema perangkat pengujian isolator

3.3 Bahan dan Alat

3.3.1 Bahan Penelitian



Spesifikasi
Material isolator : Kayu (*Maple or oak*)
Ukuran : P x L : 56,5 mm x 56,5 mm
Tebal : 4 mm



Spesifikasi
Material isolator : Karet (*Rubber Sheet*)
Ukuran : P x L : 56,5 mm x 56,5 mm
Tebal : 4 mm



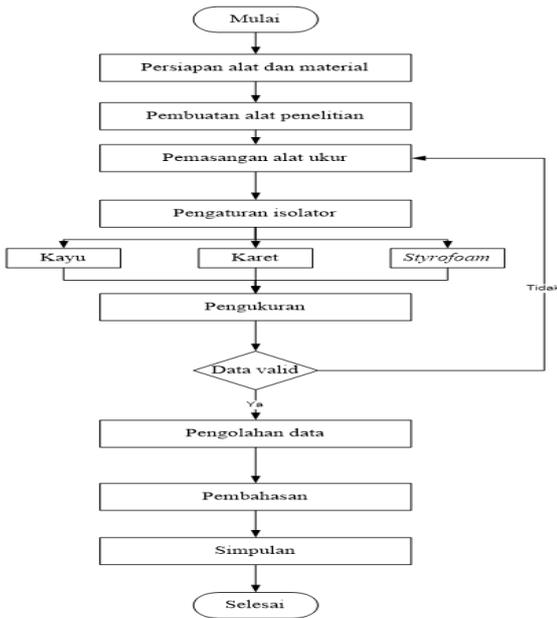
Spesifikasi
Material isolator : Styrofoam (*Polystrene*)
Ukuran : P x L : 56,5 mm x 56,5 mm
Tebal : 4 mm

3.3.2 Alat Penelitian

No	Nama Alat	Fungsi
1	ADAM 4018+	Berfungsi untuk akuisisi data temperatur pada bagian material isolator yang di input setiap satu jam.
2	Thermometer	Berfungsi untuk mengukur temperatur pada bagian aluminium
3	Solar power meter	Berfungsi untuk mengukur intensitas matahari
4	Power supply	Dual volt amper meter digital yang dapat di gunakan untuk mengukur arus (amper) dan tegangan (volt)
5	Anemometer	Berfungsi untuk mengukur kecepatan angin yang melewati alat uji.

3.4 Metode Penelitian

Diagram alir digunakan untuk mengetahui setiap kegiatan yang dilakukan dari awal sampai akhir penelitian. Berikut adalah diagram alir penelitian.



Gambar 3-12 Diagram alir penelitian

3.5 Teknik Analisis Data

Data yang didapatkan dari pengujian dihitung dan kemudian ditabulasikan setelah itu digambarkan dalam bentuk grafik, dari grafik yang didapat kemudian dijelaskan hasil pengujian tersebut.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil pengukuran dan pengamatan di dapatkan data mentah yang berupa nilai besarnya temperatur pada sistem *thermoelectric* dengan material isolator kayu, karet dan *styrofoam* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4-2 Pengukuran isolator kayu

No.	Pukul	Iv[w/m ²]	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T4 [°C]	ΔT °C	Volt (V)	Amper (I)
1	07.00	735	33,4	37	35,2	27,6	5,8	0,01	0,01
2	07.30	821	33,5	37,1	35,3	27,7	5,8	0,02	0,01
3	08.00	861	33,6	37,2	35,4	27,8	5,8	0,03	0,01
4	08.30	995	33,1	36,7	34,9	28,6	4,5	0,03	0,01
5	09.00	1147	34,3	37,8	35,8	29,7	4,6	0,03	0,01
6	09.30	1184	35,7	39,1	36,8	30,9	4,8	0,03	0,01
7	10.00	1193	36	38,5	36,1	29,9	6,1	0,04	0,01
8	10.30	1197	36,3	39,1	35,7	30,2	6,1	0,04	0,01
9	11.00	1179	37,2	40	36,5	31,2	6	0,04	0,01
10	11.30	1197	36,5	39,1	35,7	30,2	6,3	0,04	0,01
11	12.00	1149	35,9	38,7	35,5	30,6	5,3	0,03	0,01
12	12.30	1171	36,5	39,5	36,5	31,6	4,9	0,03	0,01
13	13.00	1157	35,3	38,3	35	30,1	5,2	0,03	0,01
14	13.30	1123	35,5	38,6	35,7	30,9	4,6	0,03	0,01
15	14.00	1133	34,6	37,8	34,8	29,7	4,9	0,03	0,01
16	14.30	1120	34,6	38	35,4	30,7	3,9	0,03	0,01
17	15.00	950	33,8	37,3	34,7	30	3,8	0,03	0,01
18	15.30	940	33,2	37,2	35	30,3	2,9	0,02	0,01
19	16.00	890	32,5	36,4	33,8	29	3,5	0,02	0,01
20	16.30	735	31,3	35,4	33,2	28,7	2,6	0,02	0,01
21	17.00	467	30,8	35,5	33,5	29,4	1,4	0,01	0,01

Tabel 4-3 Pengukuran isolator karet

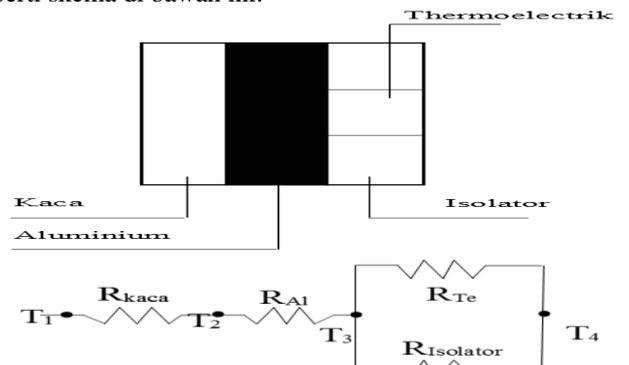
No.	Pukul	Iv[w/m ²]	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T4 [°C]	ΔT °C	Volt (V)	Amper (I)
1	07.00	735	32,1	29,3	28,2	26,5	5,6	0,02	0,01
2	07.30	821	32,2	29,4	28,3	26,6	5,6	0,03	0,01
3	08.00	861	32,3	29,5	28,4	26,7	5,6	0,04	0,01
4	08.30	995	31,7	29,1	28,6	27,6	4,1	0,04	0,01
5	09.00	1147	33	30,3	29,7	28,7	4,3	0,04	0,01
6	09.30	1184	34,3	31,4	30,8	29,7	4,6	0,04	0,01
7	10.00	1193	34,4	28,7	28,6	28,3	6,1	0,05	0,01
8	10.30	1197	34,6	32,6	31,3	28,6	6	0,04	0,01
9	11.00	1179	35,7	31,7	31	29,5	6,2	0,05	0,01
10	11.30	1197	34,7	30,6	29,8	28,4	6,3	0,05	0,01
11	12.00	1149	34,2	30,6	29,9	28,6	5,6	0,05	0,01
12	12.30	1171	35,2	31,5	30,8	29,6	5,6	0,04	0,01
13	13.00	1157	33,7	30	29,2	28,1	5,6	0,04	0,01
14	13.30	1123	34	30,6	30,1	28,9	5,1	0,04	0,01
15	14.00	1133	33,2	29,8	29,1	28	5,2	0,04	0,01
16	14.30	1120	33,2	30,4	29,9	28,8	4,4	0,04	0,01
17	15.00	950	32,5	29,6	29,1	28	4,5	0,04	0,01
18	15.30	940	32	29,8	29,5	28,6	3,4	0,03	0,01
19	16.00	890	31	28,7	28,3	27,4	3,6	0,03	0,01
20	16.30	735	30	27,9	27,8	27,1	2,9	0,02	0,01
21	17.00	467	29,8	28,4	28,5	27,8	2	0,01	0,01

Tabel 4-4 Pengukuran isolator styrofoam

No.	Pukul	Iv[w/m ²]	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T4 [°C]	ΔT °C	Volt (V)	Amper (I)
1	07.00	735	30,9	36,8	34,5	26,9	4	0,02	0,01
2	07.30	821	31	36,9	34,6	27	4	0,03	0,01
3	08.00	861	31,1	37	34,7	27,1	4	0,04	0,01
4	08.30	995	30,2	39,1	37,3	27,9	2,3	0,04	0,01
5	09.00	1147	31,4	41	36,7	28,9	2,5	0,05	0,01
6	09.30	1184	32,6	42,6	38,3	29,9	2,7	0,05	0,01
7	10.00	1193	32,7	44,2	35,3	28,5	4,2	0,06	0,01
8	10.30	1197	33	42	36,1	28,8	4,2	0,06	0,01
9	11.00	1179	33,8	42,8	41,5	29,9	3,9	0,06	0,01
10	11.30	1197	33,2	42,2	36,1	28,7	4,5	0,06	0,01
11	12.00	1149	32,8	42	38,8	29	3,8	0,05	0,01
12	12.30	1171	32,5	41,1	38,1	29,9	2,6	0,05	0,01
13	13.00	1157	32,3	38,1	41,6	28,5	3,8	0,05	0,01
14	13.30	1123	32,6	41,9	40,9	29,4	3,2	0,05	0,01
15	14.00	1133	31,7	38	41	28,4	3,3	0,05	0,01
16	14.30	1120	31,9	37,4	38,5	29,3	2,6	0,05	0,01
17	15.00	950	31,1	36,6	37,2	28,5	2,6	0,05	0,01
18	15.30	940	30,8	37,5	35,8	29,2	1,6	0,04	0,01
19	16.00	890	30	35,8	40,1	27,8	2,2	0,04	0,01
20	16.30	735	28,9	37,1	39	27,6	1,3	0,03	0,01
21	17.00	467	28,6	38,4	39	28,3	0,3	0,02	0,01

4.2 Pembahasan

Pembahasan dibawah ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perpindahan panas paada *thermoelectric* dapat digambarkan susunan material yang terpasang pada alat simulasi seperti skema di bawah ini.

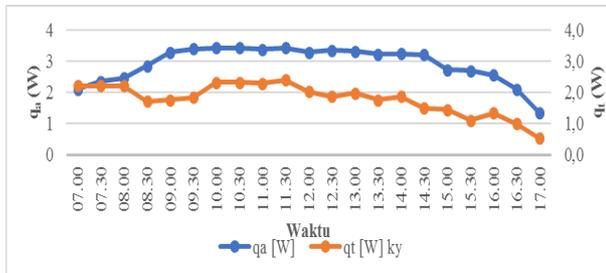


Gambar 4-1 perpindahan panas secara seri & paralel

4.2.1 Perpindahan Panas Pada *Thermoelectric*

Tabel 4-6 Hasil pengolahan data kayu

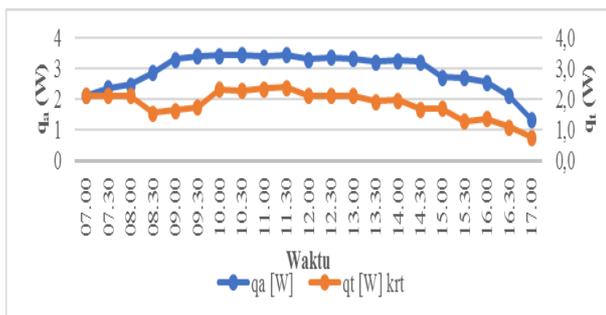
No.	Pukul	I_v [m ² m]	ΔT K _{ky} °K	A Al [m ²]	ϵ kaca (%)	q_p [W]	R kaca [K/W]	R AL [K/W]	R Te [K/W]	R ky [K/W]	R total [K/W]	q_t [W] ky
1	07.00	735	5,8	0,00319	0,9	2,11167	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	2,21881
2	07.30	821	5,8	0,00319	0,9	2,35875	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	2,21881
3	08.00	861	5,8	0,00319	0,9	2,47367	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	2,21881
4	08.30	995	4,5	0,00319	0,9	2,85866	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	1,72149
5	09.00	1147	4,6	0,00319	0,9	3,29536	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	1,79975
6	09.30	1184	4,8	0,00319	0,9	3,40166	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	1,83626
7	10.00	1193	6,1	0,00319	0,9	3,42752	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	2,33558
8	10.30	1197	6,1	0,00319	0,9	3,43901	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	2,33558
9	11.00	1179	6	0,00319	0,9	3,38730	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	2,29552
10	11.30	1197	6,3	0,00319	0,9	3,43901	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	2,41009
11	12.00	1149	5,3	0,00319	0,9	3,30111	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	2,02754
12	12.30	1171	4,9	0,00319	0,9	3,36431	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	1,87451
13	13.00	1157	5,2	0,00319	0,9	3,32409	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	1,98928
14	13.30	1123	4,6	0,00319	0,9	3,22641	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	1,79975
15	14.00	1133	4,9	0,00319	0,9	3,25514	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	1,87451
16	14.30	1120	3,9	0,00319	0,9	3,21779	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	1,49196
17	15.00	950	3,8	0,00319	0,9	2,72937	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	1,45370
18	15.30	940	2,9	0,00319	0,9	2,70064	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	1,10941
19	16.00	890	3,5	0,00319	0,9	2,55699	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	1,33894
20	16.30	735	2,6	0,00319	0,9	2,11167	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	0,99464
21	17.00	467	1,4	0,00319	0,9	1,34170	4,01614	0,00614	1,282895	14,41028	2,61401	0,53558



Gambar 4-2 Perpindahan panas isolator kayu

Tabel 4-7 Hasil pengolahan data karet

No.	Pukul	I_v [m ² m]	ΔT rkr °K	A Al [m ²]	ϵ kaca (%)	q_p [W]	R kaca [K/W]	R AL [K/W]	R Te [K/W]	R krt [K/W]	R total [K/W]	q_t [W] krt
1	07.00	735	5,6	0,00319	0,9	2,11167	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	2,12926
2	07.30	821	5,6	0,00319	0,9	2,35875	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	2,12926
3	08.00	861	5,6	0,00319	0,9	2,47367	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	2,12926
4	08.30	995	4,1	0,00319	0,9	2,85866	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	1,53892
5	09.00	1147	4,3	0,00319	0,9	3,29536	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	1,63497
6	09.30	1184	4,6	0,00319	0,9	3,40166	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	1,74904
7	10.00	1193	6,1	0,00319	0,9	3,42752	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	2,31938
8	10.30	1197	6	0,00319	0,9	3,43901	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	2,28135
9	11.00	1179	6,2	0,00319	0,9	3,38730	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	2,35740
10	11.30	1197	6,3	0,00319	0,9	3,43901	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	2,39542
11	12.00	1149	5,6	0,00319	0,9	3,30111	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	2,12926
12	12.30	1171	5,6	0,00319	0,9	3,36431	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	2,12926
13	13.00	1157	5,6	0,00319	0,9	3,32409	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	2,12926
14	13.30	1123	5,1	0,00319	0,9	3,22641	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	1,93915
15	14.00	1133	5,2	0,00319	0,9	3,25514	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	1,97717
16	14.30	1120	4,4	0,00319	0,9	3,21779	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	1,67299
17	15.00	950	4,5	0,00319	0,9	2,72937	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	1,71101
18	15.30	940	3,4	0,00319	0,9	2,70064	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	1,29277
19	16.00	890	3,6	0,00319	0,9	2,55699	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	1,36881
20	16.30	735	2,9	0,00319	0,9	2,11167	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	1,10265
21	17.00	467	2	0,00319	0,9	1,34170	4,01614	0,00614	1,282895	16,33166	2,63002	0,76045



Gambar 4-3 Perpindahan panas isolator karet

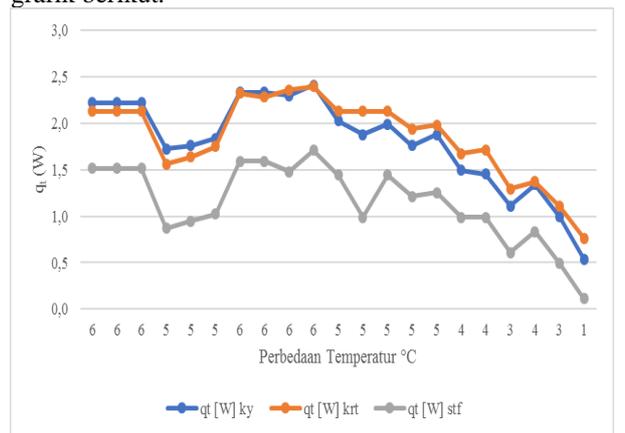
Tabel 4-8 Hasil pengolahan data styrofoam

No.	Pukul	I_v [m ² m]	ΔT stf °K	A Al [m ²]	ϵ kaca (%)	q_p [W]	R kaca [K/W]	R AL [K/W]	R Te [K/W]	R stf [K/W]	R total [K/W]	q_t [W] stf
1	07.00	735	4	0,00319	0,9	2,11167	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	1,51637
2	07.30	821	4	0,00319	0,9	2,35875	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	1,51637
3	08.00	861	4	0,00319	0,9	2,47367	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	1,51637
4	08.30	995	2,3	0,00319	0,9	2,85866	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	0,87191
5	09.00	1147	2,5	0,00319	0,9	3,29536	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	0,94773
6	09.30	1184	2,7	0,00319	0,9	3,40166	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	1,02355
7	10.00	1193	4,2	0,00319	0,9	3,42752	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	1,59218
8	10.30	1197	4,2	0,00319	0,9	3,43901	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	1,59218
9	11.00	1179	3,9	0,00319	0,9	3,38730	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	1,47846
10	11.30	1197	4,5	0,00319	0,9	3,43901	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	1,70591
11	12.00	1149	3,8	0,00319	0,9	3,30111	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	1,44055
12	12.30	1171	2,6	0,00319	0,9	3,36431	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	0,98564
13	13.00	1157	3,8	0,00319	0,9	3,32409	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	1,44055
14	13.30	1123	3,2	0,00319	0,9	3,22641	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	1,21309
15	14.00	1133	3,3	0,00319	0,9	3,25514	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	1,25100
16	14.30	1120	2,6	0,00319	0,9	3,21779	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	0,98564
17	15.00	950	2,6	0,00319	0,9	2,72937	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	0,98564
18	15.30	940	1,6	0,00319	0,9	2,70064	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	0,60655
19	16.00	890	2,2	0,00319	0,9	2,55699	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	0,83400
20	16.30	735	1,3	0,00319	0,9	2,11167	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	0,49282
21	17.00	467	0,3	0,00319	0,9	1,34170	4,01614	0,00614	1,282895	17,49821	2,63789	0,11373



Gambar 4-4 Perpindahan panas isolator styrofoam

Proses perpindahan panas untuk ketiga isolator pada sistem *thermoelectric*, dibandingkan satu sama lain menggunakan grafik berikut.



Gambar 4-5 Perpindahan panas tiga material isolator

Dari grafik pada Gambar 4-5 dapat dijelaskan bahwa aliran kalor secara berturut-turut dengan susunan seri melalui kaca, aluminium serta material isolator dan *thermoelectric* disusun secara paralel. Perpindahan panas konduksi terjadi pada semua material tersebut dan *thermoelectric*. Dari ketiga material isolator, yang memiliki laju aliran kalor paling tinggi adalah kayu kemudian lebih rendah karet dan paling rendah *styrofoam*.

Menurut persamaan (3) laju aliran kalor berbanding lurus dengan konduktivitas. Hal ini ditunjukkan pada grafik diatas tampak semakin tinggi nilai konduktivitas termal material maka semakin tinggi perpindahan panas yang terjadi.

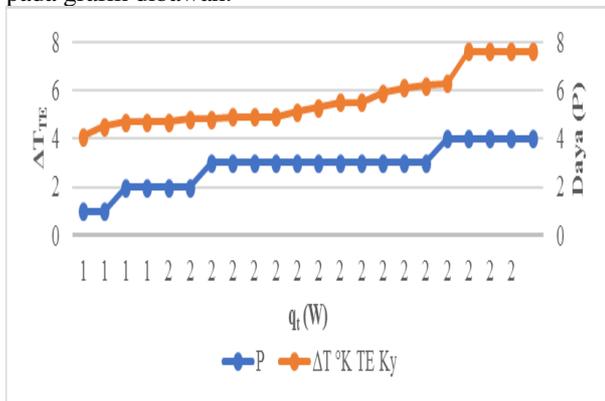
4.2.2 Daya Keluaran *Thermoelectric*

Untuk mengetahui korelasi sifat konduktivitas material isolator terhadap daya keluaran *thermoelectric* maka dibuat keterkaitan perpindahan panas yang terjadi dengan perbedaan temperatur sisi *thermoelectric* yang menghasilkan daya keluaran.

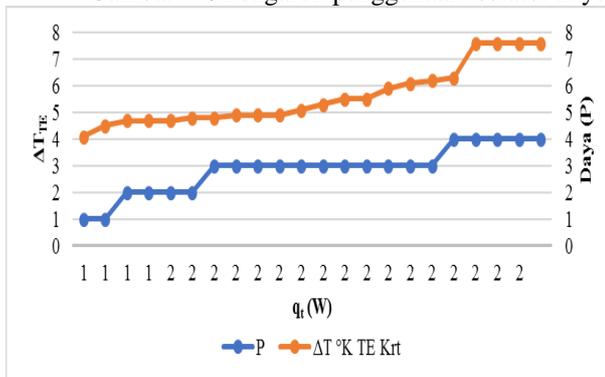
Tabel 4-9 Hasil perhitungan daya keluaran

No	Kayu					Karet					Styrofoam				
	T3 [°C]	T4 [°C]	qt [W] ky	ΔT °K TE Ky	P	T3 [°C]	T4 [°C]	qt [W] kr	ΔT °K TE Kr	P	T3 [°C]	T4 [°C]	qt [W] stf	ΔT °K TE Stf	P
1	35.2	27.6	2.2	7.6	0.0001	28.2	26.5	2.1	1.7	0.0002	34.5	26.9	1.5	7.6	0.0002
2	35.3	27.7	2.2	7.6	0.0002	28.3	26.6	2.1	1.7	0.0003	34.6	27	1.5	7.6	0.0003
3	35.4	27.8	2.2	7.6	0.0003	28.4	26.7	2.1	1.7	0.0004	34.7	27.1	1.5	7.6	0.0004
4	34.9	28.6	1.7	6.3	0.0003	28.6	27.6	1.6	1	0.0004	37.3	27.9	0.9	9.4	0.0004
5	35.8	29.7	1.8	6.1	0.0003	29.7	28.7	1.6	1	0.0004	36.7	28.9	0.9	7.8	0.0003
6	36.8	30.9	1.8	5.9	0.0003	30.8	29.7	1.7	1.1	0.0004	38.3	29.9	1	8.4	0.0005
7	36.1	29.9	2.3	6.2	0.0004	28.6	28.3	2.3	0.3	0.0005	35.3	28.5	1.6	6.8	0.0006
8	35.7	30.2	2.3	5.5	0.0004	31.3	28.6	2.3	2.7	0.0004	36.1	28.8	1.6	7.3	0.0006
9	36.5	31.2	2.3	5.3	0.0004	31	29.5	2.4	1.5	0.0005	41.5	29.9	1.5	11.6	0.0006
10	35.7	30.2	2.4	5.5	0.0004	29.8	28.4	2.4	1.4	0.0005	36.1	28.7	1.7	7.4	0.0006
11	35.5	30.6	2	4.9	0.0003	29.9	28.6	2.1	1.3	0.0005	38.8	29	1.4	9.8	0.0005
12	36.5	31.6	1.9	4.9	0.0003	30.8	29.6	2.1	1.2	0.0004	38.1	29.9	1	8.2	0.0005
13	35	30.1	2	4.9	0.0003	29.2	28.1	2.1	1.1	0.0004	41.6	28.5	1.4	13.1	0.0005
14	35.7	30.9	1.8	4.8	0.0003	30.1	28.9	1.9	1.2	0.0004	40.9	29.4	1.2	11.5	0.0005
15	34.8	29.7	1.9	5.1	0.0003	29.1	28	2	1.1	0.0004	41	28.4	1.3	12.6	0.0005
16	35.4	30.7	1.5	4.7	0.0003	29.9	28.8	1.7	1.1	0.0004	38.5	29.3	1	9.2	0.0005
17	34.7	30	1.5	4.7	0.0003	29.1	28	1.7	1.1	0.0004	37.2	28.5	1	8.7	0.0005
18	35	30.3	1.1	4.7	0.0002	29.5	28.6	1.3	0.9	0.0003	35.8	29.2	0.6	6.6	0.0004
19	33.8	29	1.3	4.8	0.0002	28.3	27.4	1.4	0.9	0.0003	40.1	27.8	0.8	12.3	0.0004
20	33.2	28.7	1	4.5	0.0002	27.8	27.1	1.1	0.7	0.0002	39	27.6	0.5	11.4	0.0003
21	33.5	29.4	0.5	4.1	0.0001	28.5	27.8	0.8	0.7	0.0001	39	28.3	0.1	10.7	0.0002

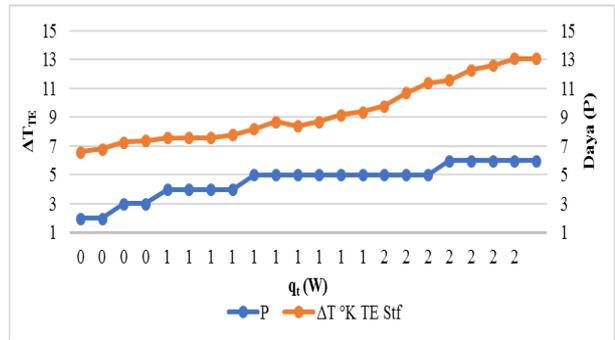
Agar lebih mudah dalam menjelaskanya, diperlihatkan pada grafik dibawah.



Gambar 4-6 Pengaruh penggunaan isolator kayu

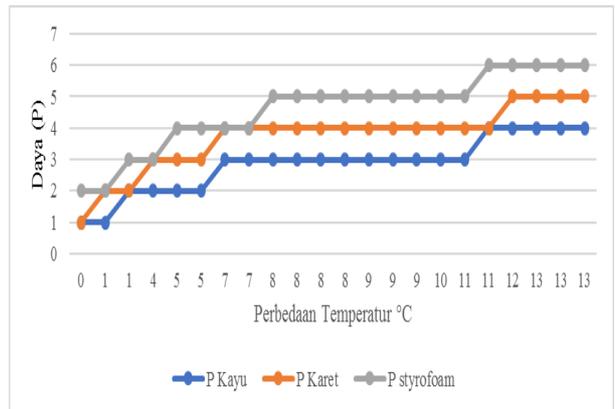


Gambar 4-7 Pengaruh penggunaan isolator karet



Gambar 4-8 Pengaruh penggunaan isolator styrofoam

Pengaruh daya keluaran untuk ketiga isolator pada sistem *thermoelectric*, dibandingkan satu sama lain menggunakan grafik berikut.



Gambar 4-9 Pengaruh penggunaan isolator terhadap daya keluaran

Setelah melihat grafik diatas dapat jelaskan bahwa *styrofoam* menghasilkan daya paling tinggi dibandingkan dengan karet dan kayu. Berbanding terbalik dengan perpindahan panas pada *styrofoam*, dimana *styrofoam* menghasilkan perpindahan panas yang rendah. Artinya untuk menghasilkan daya keluaran yang tinggi tidak dipengaruhi oleh perpindahan panas, melainkan dipengaruhi oleh perbedaan temperatur *thermoelectric*.

BAB 5 SIMPULAN

5.1 Simpulan

Penelitian *thermoelectric* yang menggunakan material isolator kayu, karet dan styrofoam menghasilkan kesimpulan:

1. Material isolator kayu, karet, styrofoam berpengaruh terhadap perpindahan panas pada sistem *thermoelectric* yang ditandai dengan nilai konduktivitas termal pada setiap isolator.
2. Daya keluaran generator *thermoelectric* dengan isolator berbahan styrofoam memiliki perpindahan panas yang rendah dan daya keluaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan material isolator lain.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

Aby Elsa Putra, Rifky, A. F. (2018). Pemanfaatan Panas Buang Atap Seng dengan Menggunakan Generator Termoelektrik sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan, 3(2502), 38–43.

Afdhal Kurniawan Mainil. (2012). Kaji Eksperimental Alat Uji Konduktivitas Termal Bahan, 241–248.

- Al-Fikri, H. A. (2016). Efektifitas Modul Peltier Tec-12706 Sebagai Generator Dengan Memanfaatkan Energi Panas Dari Modul Peltier Tec-12706. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Aby Elsa Putra, Rifky, A. F. (2018). Pemanfaatan Panas Buang Atap Seng dengan Menggunakan Generator Termoelektrik sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan, 3(2502), 38–43.
- Afdhal Kurniawan Mainil. (2012). Kaji Eksperimental Aalat Uji Konduktivitas Termal Bahan, 241–248.
- Al-Fikri, H. A. (2016). Efektifitas Modul Peltier Tec-12706 Sebagai Generator Dengan Memanfaatkan Energi Panas Dari Modul Peltier Tec-12706. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ali, M., & Kurniawan, R. (2013). Kaji Eksprimental Konduktivitas Termal Isolator Dari Serbuk Batang Kelapa Sawit, 1, 59–68.
- Amurulah. (2013). Uji eksperimental kinerja termoelektrik pada pendingin dispenser air minum.
- Belessiotis, Vassilis, Soteris Kalogirou, E. D. (n.d.). Thermal Solat Desalination.
- Dany Santoso, Wanda K., & A. J. (2013). Efektivitas Styrofoam Sebagai isolator Panas Pada Atap Miring Di Surabaya. LAPoran Penelitian, 1–29.
- Firmansyah Burlian, M. I. K. (2014). Permukaan Variasi Ketebalan Isolator Terhadap Laju Kalor Dan Penurunan Temperatur Pada Permukaan Dinding Tungku Biomassa, (November), 26–27.
- Goleman, Daniel; Boyatzis, Richard; Mckee, A. (2019). Kajian Konduktivitas Panas Berbagai Jenis Kayu Sebagai Bahan Isolator. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Hamdi_2017. (n.d.). Pengaruh Konduktivitas Panas Material Pada Laju Penguapan Air Laut Dengan Pemanasan Matahari.
- Hariady, S., & Fauzie, M. A. (2014). Kaji Eksperimental Kemampuan Daya Hantar Kalor Campuran Styrofoam , Kulit Jengkol Dan Semen Sebagai Alternatif Bahan Isolator, 2(2), 119–130.
- J.P Holman. (2010). Heat Transfer.
- Mohammad Istajarul Alim, Dina Mardiana, Anita Dwi A, D. A. (2017). Uji Konduktivitas Termal Material Non Logam.
- Pepayosa, F. (2018). Rancang Bangun Kotak Pendingin Peltier Penyimpanan Buah dan Sayur dengan Sumber Tenaga Surya.
- Rui, J., & de Oliveir, M. C. C. (2011). Principles of Direct Thermoelectric Conversion. *Heat Analysis and Thermodynamic Effects*. <https://doi.org/10.5772/20619>
- Sabin. (2017). Jurnal skripsi “Pengaruh Sudut Antara Dua Panel Berbentuk Profil V terhadap Penyerapan Radiasi Matahari pada Panel Surya”.
- Sari, I. R. J., & Fatkhurahman, J. A. (2015). Review of Determining Dry Rubber Content on Processing Rubber Sheet. *Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet Dan Plastik*, 169–180.
- Sugiyanto, H., Paronda, A. H., & Samsiana, S. (2015). Rancang Bangu Pemanfaatan Thermoelectric Sebagai Pendingi Pada Kontrol Injection Plastik, 5(2), 125–138.
- Sulistiyawati Dewi K., Dina Mardiana, Anita Dwi A., Z. (2014). Uji Konduktivitas Termal dengan Pyrometer pada Kayu, Karet, dan Arang, 2–5.
- Wibowo, H. (2008). Studi Banding Konduktifitas Panas Antara Gabus (Styrofoam) dengan Sekam Padi, 112–118.
- Zhou, D., & Chu-ping, S. (2015). Research Article Study on thermoelectric material and thermoelectric generator, 7(3), 395–401.

Note: Penulisan pustaka menggunakan **Mendeley** atau **EndNote** dengan *APA style 7 edition*.