

**SKRIPSI**

**KAJI EKSPERIMENTAL PENDINGIN UDARA MINI  
DENGAN *THERMOELECTRIC COOLER* (TEC)**



**BRIAN ERAWAN**

**03051381823074**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2022**

## **SKRIPSI**

### **KAJI EKSPERIMENTAL PENDINGIN UDARA MINI DENGAN THERMOELECTRIC COOLER (TEC)**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**Oleh**

**BRIAN ERAWAN**

**03051381823074**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2022**

## **HALAMAN PENGESAHAN**

### **KAJI EKSPERIMENTAL PENDINGIN UDARA MINI DENGAN THERMOELECTRIC COOLER (TEC)**

#### **SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

**Oleh:**

**BRIAN ERAWAN  
03051381823074**



Palembang, Agustus 2022  
Diperiksa dan disetujui oleh :  
Pembimbing Skripsi

  
Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.  
NIP. 196005281989031002

JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :  
Diterima Tanggal :  
Paraf :  

---

## SKRIPSI

NAMA : BRIAN ERAWAN  
NIM : 03051381823074  
JURUSAN : TEKNIK MESIN  
JUDUL : KAJI EKSPERIMENTAL PENDINGIN UDARA MINI  
DENGAN THERMOELECTRIC COOLER (TEC)  
DIBUAT : APRIL 2021  
SELESAI : AGUSTUS 2022



Palembang, Agustus 2022  
Diperiksa dan disetujui oleh :  
Pembimbing Skripsi

Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.  
NIP. 196005281989031002

## **HALAMAN PERSETUJUAN**

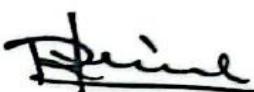
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Kaji Eksperimental Pendingin Udara Mini Dengan *Thermoelectric Cooler* (TEC)” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 28 Juli 2022

Palembang, Agustus 2022

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua:

1. Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc, Ph. D

(  )

NIP. 195606041986021001

Sekretaris:

2. Aneka Firdaus, S.T., M.T.

(  )

NIP. 197502261999031001

Anggota:

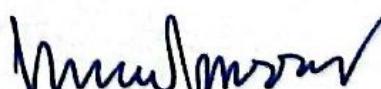
3. Ir. Dyos Santoso, M.T.

(  )

NIP. 196012231991021001



**Pembimbing Skripsi**

  
Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.  
NIP. 196005281989031002

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Brian Erawan

NIM : 03051381823074

Judul : KAJI EKSPRIMENTAL PENDINGIN UDARA MINI  
MENGGUNAKAN *THERMOELECTRIC COOLER (TEC)*”

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, Agustus 2022



Brian Erawan  
NIM. 03051381823074

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang berlinda tangan dibawah ini:

Nama : Brian Erawan  
NIM : 03051381823074  
Judul : Kaji Eksperimental Pendingin Udara Mini Menggunakan  
*Thermoelectric Cooler (TEC)*"

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, Agustus 2022



Brian Erawan  
NIM. 03051381823074

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis atas kehadiran Allah Swt. yang telah memberikan Rahmat, Nikmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini.

Proposal skripsi yang berjudul “Kaji Eksperimental Pendingin Udara Mini Menggunakan *Thermoelectric Cooler (TEC)*”, disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih yang tak terhingga atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan proposal ini kepada:

1. Bapak Jap Lie Ly dan Ibu Jeti Kohar selaku orang tua penulis yang selalu mendukung baik secara lahir maupun batin.
2. Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
3. Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak memberikan arahan dan saran dalam menyelesaikan p skripsi ini.
5. Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri Selaku pembimbing akademik penulis di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
6. Fadil Fuad Rachman, S.T, M.T yang senantiasa membantu dan mengarahkan penulis dalam melaksanakan penelitian.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Palembang, Juli 2022



Brian Erawan

## RINGKASAN

KAJI EKSPRIMENTAL PENDINGIN UDARA MINI DENGAN  
*THERMOELECTRIC COOLER (TEC)*

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Agustus 2022

Brian Erawan;

Dibimbing oleh Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.

Experimental Review Of Mini Air Cooler With Thermoelectric Cooler (Tec)

xxvii + 44 halaman, 4 tabel, 14 gambar

Penyejuk udara atau yang lebih dikenal saat ini *AC (Air Conditioning)* memang sangat membantu dalam menjaga temperatur ruang agar terasa nyaman. Menurut SNI 03-6572-2001 bahwa kenyamanan termal tropis untuk skala nyaman optimal dapat diperoleh pada suhu rentang 22,8 °C – 25,8 °C. Kelembaban udara relatif untuk daerah tropis menurut SNI 03-6572-2001 adalah sekitar 40% - 50%. Pendingin udara konvensional telah mengkonsumsi hampir 25% hingga 30% dari total listrik dunia sehingga berkontribusi terhadap dampak lingkungan yang negatif. Dampak lainnya seperti penggunaan CFC sebagai refrigeran yang menyebabkan efek rumah kaca dan lapisan ozon menipis sehingga mempengaruhi perubahan iklim. Untuk itu, pendingin udara memakai modul *Thermoelectric Cooler (TEC)* atau *AC TEC* adalah solusi dari penggunaan refrigerant. Prinsip kerja dari Thermoelectric Cooler yang memanfaatkan efek *Peltier* untuk menghasilkan pendinginan. Efek *peltier* adalah ketika dua bahan semikonduktor secara termal di hubungkan secara paralel dan seri listrik, dan arus diterapkan ke sirkuit, maka akan terjadi aliran panas dari satu permukaan ke permukaan lainnya. Teknologi pendinginan *Thermoelectric Cooler AC TEC* menggantikan peran refrigeran dimana elektron yang bergerak dalam sistem digunakan sebagai pembawa panas untuk mengekstrak panas dari beban

pendinginan. Hal ini menunjukkan keunggulan signifikan dibandingkan teknologi pendinginan konvensional dengan pengoperasian yang tenang, tidak ada refrigeran, masa pakai yang lama, dan kemudahan integrasi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui waktu dan energi yang di perlukan ac mini untuk mendinginkan ruang mini tersebut dan mengetahui temperatur dan kelembaban yang dapat di capai oleh *AC TEC* mini. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental dengan membuat alat uji berupa kotak yang dianggap sebagai ruangan kemudian diletakkan TEC di salah satu sisi kotak sebagai sumber dingin. Setelah dilakukan pengujian didapat data berupa temperature dan relative humidity dengan variasi voltase 6, 9, dan 12V. temperature terendah yang didapatkan sebesar 24,5 C. Relative humidity yang didapat di seluruh variasi memiliki nilai 75,2 – 89. Pada variasi 6 – 12 V didapat nilai koefisien peltier dari 16,2 – 16,8. Serta nilai COP 0,8 – 2,05 divariasi 6 -12 V.

Kata Kunci : Thermoelectric Cooler (TEC), AC (Air Conditioning), COP (Coefficient of Performance), Koefisien Peltier

Kepustakaan : 37 (2004-2021)

## SUMMARY

EXPERIMENTAL REVIEW OF MINI AIR COOLER WITH THERMOELECTRIC COOLER (TEC)

Scientific Writing in the form of a thesis, Juli 2022

Brian Erawan;

Supervised of Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.

Kaji Eksprimental Pendingin Udara Mini Dengan *Thermoelectric Cooler* (TEC)

xxvii + 44 pages, 4 tables, 14 images

Air conditioning or better known today as AC (Air Conditioning) is very helpful in maintaining the room temperature so that it feels comfortable. According to SNI 03-6572-2001, tropical thermal comfort for the optimal comfort scale can be obtained in the temperature range of 22.8°C – 25.8°C. The relative humidity of the tropics according to SNI 03-6572-2001 ranges from 40% - 50%. Conventional air conditioners consume nearly 25% to 30% of the world's total electricity thereby contributing to negative environmental impacts. Other impacts, such as the use of CFCs as refrigerants, lead to the greenhouse effect and the depletion of the ozone layer, resulting in climate change. For this reason, AC uses a Thermoelectric Cooler (TEC) module or AC TEC as a solution for using refrigerants. The working principle of the Thermoelectric Cooler utilizes the Peltier effect to produce cooling. The Peltier effect is when two semiconductor materials are electrically connected in parallel and in series, and a current is applied to the circuit, there will be a flow of heat from one surface to the other. Cooling technology Thermoelectric Cooler AC TEC replaces the role of refrigerant where electrons moving in the system are used as heat carriers to extract heat from the cooling load. This shows significant advantages over conventional refrigeration technology with quiet operation, no refrigerant, long

life and easy integration. The purpose of this study is to determine the time and energy required by the mini air conditioner to cool the mini room and to determine the temperature and humidity that can be achieved by the mini air conditioner. This research was conducted using an experimental method by making a test instrument in the form of a box which is considered a room and then placing the TEC on one side of the box as a cold source. After testing, the data was obtained in the form of temperature and relative humidity with voltage variations of 6, 9, and 12V. the lowest temperature obtained is 24.5 C. The relative humidity obtained in all variations has a value of 75.2 – 89. In the 6 – 12 V variation, the Peltier coefficient value is 16.2 – 16.8. And the COP value is 0.8 – 2.05 with a variation of 6 -12 V.

Keywords : Thermoelectric Cooler (TEC), AC (Air Conditioning), COP  
(Coefficient of Performance), Peltier Coefficient

Literature : 37 (2004-2021)

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN.....</b>	<b>ix</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>xi</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>xvii</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xxi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xxiii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xxv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xxvii</b>

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

1.1	Latar Belakang.....	1
1.2	Rumusan Masalah .....	3
1.3	Batasan Masalah.....	3
1.4	Tujuan Penelitian.....	4
1.5	Manfaat.....	4

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

2.1	Perpindahan Kalor .....	5
2.1.1	Perpindahan Kalor konduksi .....	5
2.1.2	Perpindahan Kalor konveksi.....	6
2.1.2.1	Perpindahan kalor konveksi alami .....	6
2.1.2.2	Perpindahan kalor konveksi paksa.....	7
2.1.3	Perpindahan kalor radiasi .....	7
2.2	Sistem AC.....	8
2.3	Siklus Refrigerasi .....	9
2.4	<i>Psychrometric Chart</i> .....	10

2.5	<i>Thermoelectric</i> .....	11
2.5.1	Prinsip kerja <i>Thermoelectric Cooler</i> .....	13
2.5.2	<i>Coefficient of Performance (COP)</i> .....	14
2.5.3	<i>Heat Sink</i> .....	14
2.6	Efek Seebeck .....	15
2.7	Efek Peltier .....	16
2.8	Efek Thomson.....	17

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Diagram Alir Penelitian.....	19
3.2	Variabel Penelitian.....	21
3.3	Persiapan Instalasi AC Mini .....	22
3.4	Desain AC Mini dan Ruangan Pendingin dan Setup Thermoelectric Coller .....	22
3.5	Prosedur Penelitian .....	23
3.6	Pembahasan dan Analisis Data.....	26

### **BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN**

4.1	Hasil Pengujian .....	29
4.1.1	Data Temperatur .....	29
4.1.2	<i>Data Relative Humidity</i> .....	30
4.2	Perhitungan Daya Masuk.....	31
4.3	Perpindahan Kalor Paksa.....	33
4.3.1	Pepindahan Kalor Paksa Pada Sisi Panas TEC.....	33
4.3.2	Perpindahan Kalor Konveksi Paksa Pada Sisi Dingin TEC .....	34
4.4	Perhitungan Koefisien Peltier Pada Sisi dingin TEC .....	35
4.5	Perhitungan <i>Coefficient of Performance (COP)</i> .....	39
4.6	Psychrometric Chart .....	41

### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan .....	43
5.2	Saran .....	44

**DAFTAR RUJUKAN.....** **45**

**LAMPIRAN .....** **51**

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Skema dan grafik sistem refrigerasi (Rackley, 2017) .....	9
Gambar 2.2 <i>Psychrometric chart</i> (Camuffo, 2014) .....	10
Gambar 2.3 Koefisien kinerja (COP).....	12
Gambar 2.4 Skema aliran elektron pada <i>element</i> Peltier (Aziz et al., 2017)....	13
Gambar 2.5 Tata letak konverter (Hughes and Drury, 2019).....	15
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	20
Gambar 3.2 Skema Instalasi AC Mini.....	23
Gambar 3.3 Skema perangkat uji .....	24
Gambar 3.4 Skema titik pengukuran pada TEC.....	25
Gambar 4.1 Temperatur hasil pengujian .....	29
Gambar 4.2 <i>Relative Humadity</i> hasil pengujian .....	30
Gambar 4.3 Grafik koefisien Peltier terhadap tegangan .....	38
Gambar 4.4 Grafik <i>Coefficient of Performance</i> (COP).....	40
Gambar 4.5 <i>Psychometric Chart</i> .....	42

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Data hasil temperatur .....	26
Tabel 3.2 Data <i>Relative Humidity</i> (RH) .....	27
Tabel 3.3 Data tegangan dan arus .....	28
Tabel 4.1 Arus dan daya masuk .....	32

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Perhitungan Daya Masuk .....	51
Lampiran 2. Perpindahan Kalor Paksa .....	51
Lampiran 3. Koefisien Peltier.....	55
Lampiran 4. Coefficient of Performance (COP) .....	57
Lampiran 5. Gambar.....	59

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Penyejuk udara atau yang lebih dikenal saat ini *AC (Air Conditioning)* memang sangat membantu dalam menjaga temperatur ruang agar terasa nyaman. Manusia memiliki sensor perasan agar dapat mempertahankan temperatur tubuh agar selalu berada di temperatur sekitar 37 °C karena melalui temperatur yang nyaman manusia dapat mengoptimalkan produktivitas kerja.

Menurut SNI 03-6572-2001 bahwa kenyamanan termal tropis untuk skala nyaman optimal dapat diperoleh pada temperatur rentang 22,8 °C – 25,8 °C. Kelembaban udara relatif untuk daerah tropis menurut SNI 03-6572-2001 adalah sekitar 40% - 50%.

Akan tetapi timbul banyak masalah dari penggunaan AC tersebut karena sejak penemuan pertama penyejuk udara listrik berbasis kompresi uap telah mengkonsumsi hampir 25% hingga 30% dari total listrik dunia dan karenanya secara langsung atau tidak langsung berkontribusi terhadap dampak lingkungan yang negatif (Chen *et al.*, 2018). Sistem pendingin udara tradisional mengkonsumsi energi besar.

Perangkat pendingin kompresor yang digunakan sebelumnya memiliki berbagai macam kelemahan seperti penggunaan refrigeran *CFC* di dalamnya atau efisiensi energi yang lebih rendah atau fakta bahwa produksi listrik hanya bergantung pada pembangkit listrik batubara yang pada awalnya sangat berbahaya bagi lingkungan. Karena mereka mengeluarkan gas rumah kaca yang menambah gas berbahaya bagi lingkungan (Bansal *et al.*, 2021).

Setiap tahunnya permintaan listrik untuk penyejuk ruangan (AC) telah tumbuh secara signifikan sebagai tanggapan atas perkembangan ekonomi yang cepat dan dampak yang meningkat dari perubahan iklim

Industri pendingin udara mengakibatkan meningkatnya masalah lingkungan, seperti pemanasan global dan penipisan ozon, maka membuat semakin banyak perhatian diberikan pada substitusi refrigeran di industri pendingin udara. Menciptakan lingkungan termal dalam ruangan yang nyaman secara efisien melalui metode ramah lingkungan menjadi semakin penting saat ini karena krisis energi dan pemanasan global.

Untuk itu, pendingin udara memakai modul *Thermoelectric Cooler* (TEC) atau *AC TEC* adalah solusi dari penggunaan refrigerant. Prinsip kerja dari Thermoelectric Cooler yang memanfaatkan efek *Peltier* untuk menghasilkan pendinginan. Efek *Peltier* adalah kebalikan dari efek Seebeck. Efek *Seebeck* adalah ketika listrik terbentuk di antara termokopel pada saat kedua ujung dikenakan perbedaan temperatur atau Efek *Seebeck* bisa dikatakan menggambarkan pembangkitan tegangan listrik ketika ada perbedaan temperatur antara ujung termokopel

Efek *Peltier* adalah ketika dua bahan semikonduktor secara termal di hubungkan secara paralel dan seri listrik, dan arus diterapkan ke sirkuit, maka akan terjadi aliran panas dari satu permukaan ke permukaan lainnya. Teknologi pendinginan *Thermoelectric Cooler* AC TEC yang di mana alih-alih refrigeran elektronlah yang bergerak dalam sistem digunakan sebagai pembawa panas untuk mengekstrak panas dari beban pendinginan. Hal ini menunjukkan keunggulan signifikan dibandingkan teknologi pendinginan konvensional dengan pengoperasian yang tenang, tidak ada refrigeran, masa pakai yang lama, dan kemudahan integrasi.

AC (TEC) memiliki berbagai macam keunggulan lain yaitu kondisi kerja alat yang hening, struktur yang kompak, keandalan yang tinggi dan dikarenakan keunggulan tersebut AC TEC sangat disukai dalam praktik seperti pendinginan, pendinginan perangkat elektronik, dioda laser, perangkat medis, dan industri dirgantara.

Perangkat ini juga memiliki keunggulan lain seperti memiliki bobot yang ringan dan harganya yang relatif murah dan efek pendingannya berlangsung cepat atau tidak memakan waktu lama keunggulan inilah yang membuat

teknologi pendinginan termoelektrik sangat cocok untuk memecahkan penggunaan refrigerant dan dampak kerusakan pada lingkungan

Untuk itu, pada penelitian ini, peneliti membuat AC mini menggunakan *Thermoelectric Cooler* (TEC) yang dapat menjadi solusi tanpa penggunaan refrigeran. yang dapat merusak lingkungan serta sistem ac konvensional yang menghabiskan banyak energi dan memiliki harga yang mahal.

Berdasarkan uraian di atas tersebut maka penulis mengambil tugas akhir skripsi mengenai **“Kaji Eksperimental Pendingin Udara Mini Menggunakan Thermoelectric Cooler (TEC)”**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini antara lain:

1. Berapakah waktu dan energi yang diperlukan AC TEC untuk mendinginkan ruangan mini?
2. Berapakah penurunan temperatur dan kelembaban yang dapat dicapai oleh AC TEC mini?
3. Bagaimana rancang bangun AC TEC agar dapat mendinginkan ruang mini?

## 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian tersebut dapat lebih fokus, maka penulis memberikan beberapa batasan masalah, antara lain:

1. TEC yang digunakan adalah TEC1-12706.sebanyak 2 unit
2. Kotak ruangan simulasi pendingin dalam kondisi Steady state dan adiabatik.

3. Peneliti hanya membahas energi balance efek hasil pendinginan modul TEC
4. Masa pakai modul TEC diabaikan
5. Arduino hanya sebagai data akuisisi dari thermocouple dan DHT 22

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui waktu dan energi yang di perlukan ac mini untuk mendinginkan ruang mini tersebut
2. Mengetahui penurunan temperatur dan kelembaban yang dapat dicapai oleh *AC TEC* mini
3. Merancang *AC TEC* agar dapat mendinginkan ruang mini

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang diharapkan penelitian ini, dapat digunakan sebagai referensi dan bahan pembelajaran untuk penelitian selanjutnya tentang *Thermoelectric Cooler* (TEC)

## DAFTAR RUJUKAN

- Al-kaby, R. N. M. (2009) ‘Study of Thermal Performance of Thermoelectric Cooling System’, (May), pp. 1–17.
- Aziz, H. A., Mainil, R. I. and Aziz, A. (2017) ‘Alat Pendingin Dan Pemanas Portable Menggunakan Modul Termoelektrik Tegangan Input 6 Volt Dengan Tambahan Heat Pipe Sebagai Media Pemindah Panas’, *Jom FTEKNIK*, 4(2), pp. 1–5. Available at: <https://www.neliti.com/id/publications/199594/alat-pendingin-dan-pemanas-portable-menggunakan-modul-termoelektrik-tegangan-inp>.
- Balaji, C., Srinivasan, B. and Gedupudi, S. (2021) ‘Chapter 6 - Natural convection’, in Balaji, C., Srinivasan, B., and Gedupudi, S. B. T.-H. T. E. (eds). Academic Press, pp. 173–198. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818503-2.00006-X>.
- Bansal, G., Jain, Y., Ahmad, Y., Isha and Agarwal, V. (2021) ‘Solar based polio-drop box system with Peltier effect technology: A review’, *Materials Today: Proceedings*. Elsevier Ltd, (xxxx). doi: [10.1016/j.matpr.2021.01.318](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.318).
- Basu, S. (2016) ‘Chapter 1 - Introduction and Fundamental Concepts’, in Basu, S. B. T.-N.-F. R. H. T. A. N. V. G. (ed.) *Micro and Nano Technologies*. William Andrew Publishing, pp. 1–44. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-42994-8.00001-5>.
- Bilotti, E., Fenwick, O., Schroeder, B. C., Baxendale, M., Taroni-Junior, P., Degousée, T. and Liu, Z. (2018) ‘6.14 Organic Thermoelectric Composites Materials’, in Beaumont, P. W. R. and Zweben, C. H. B. T.-C. C. M. I. I. (eds). Oxford: Elsevier, pp. 408–430. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.10024-4>.
- Cengel, Y. A. (2004) *Heat Transference a Practical Approach*, MacGraw-Hill,.

- Chen, X., Liu, C., Yang, J. and Chen, J. (2018) ‘Experimental study on R-22, R-427A, R-161 and R-290 in air-source heat pump for space heating at low ambient temperatures’, *International Journal of Refrigeration*. Elsevier Ltd, 96, pp. 147–154. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2018.08.021.
- Dahoo, P. R., Khettab, M., Chong, C., Girard, A. and Pougnet, P. (2020) ‘4 - Impact of Voids in Interconnection Materials’, in El Hami, A. and Pougnet, P. B. T.-E. M. S. 2 (Second E. (eds). ISTE, pp. 81–109. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-1-78548-190-1.50004-9>.
- Enescu, D. and Virjoghe, E. O. (2014) ‘A review on thermoelectric cooling parameters and performance’, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, pp. 903–916. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.045>.
- Faghri, A. and Zhang, Y. (2006) ‘1 - INTRODUCTION TO TRANSPORT PHENOMENA’, in Faghri, A. and Zhang, Y. B. T.-T. P. in M. S. (eds). Boston: Academic Press, pp. 1–106. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370610-2.50006-4>.
- Ghassemi, M. and Shahidian, A. (2017) ‘Chapter 3 - Biosystems Heat and Mass Transfer’, in Ghassemi, M. and Shahidian, A. B. T.-N. and B. H. T. and F. F. (eds). Oxford: Academic Press, pp. 31–56. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803779-9.00003-0>.
- Gong, T., Wu, Y., Gao, L., Zhang, L., Li, J. and Ming, T. (2019) ‘Thermo-mechanical analysis on a compact thermoelectric cooler’, *Energy*. Elsevier Ltd, 172, pp. 1211–1224. doi: 10.1016/j.energy.2019.02.014.
- Guclu, T. and Cuce, E. (2019) ‘Thermoelectric Coolers (TECs): From Theory to Practice’, *Journal of Electronic Materials*, 48(1), pp. 211–230. doi: 10.1007/s11664-018-6753-0.
- Hagart-Alexander, C. (2010) ‘Chapter 21 - Temperature Measurement’, in Boyes, W. B. T.-I. R. B. (Fourth E. (ed.). Boston: Butterworth-Heinemann, pp. 269–326. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-8308-1.00021-8>.
- Hemmat Esfe, M., Esfandeh, S. and Kamyab, M. H. (2020) ‘Chapter 1 - History

- and introduction’, in Ali, H. M. B. T.-H. N. for C. H. T. (ed.). Academic Press, pp. 1–48. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819280-1.00001-X>.
- Hofmann, A. I., Kroon, R. and Müller, C. (2019) ‘13 - Doping and processing of organic semiconductors for plastic thermoelectrics’, in Ostroverkhova, O. B. T.-H. of O. M. for E. and P. D. (Second E. (ed.) *Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials*. Woodhead Publishing, pp. 429–449. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102284-9.00013-9>.
- Horbaniec, B. D. (2004) ‘Refrigeration and Air-Conditioning’, in Cleveland, C. J. B. T.-E. of E. (ed.). New York: Elsevier, pp. 261–289. doi: <https://doi.org/10.1016/B0-12-176480-X/00085-1>.
- Hughes, A. and Drury, B. (2019) ‘Chapter 2 - Power electronic converters for motor drives’, in Hughes, A. and Drury, B. B. T.-E. M. and D. (Fifth E. (eds). Newnes, pp. 41–87. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102615-1.00002-7>.
- Hyndman, B. (2020) ‘Chapter 91 - Heating, ventilation, and air conditioning’, in Iadanza, E. B. T.-C. E. H. (Second E. (ed.). Academic Press, pp. 662–666. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813467-2.00092-4>.
- Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L. and Lavine, A. S. (1996) *Fundamentals of heat and mass transfer*. Wiley New York.
- Izadi, M. and El Haj Assad, M. (2021) ‘Chapter 15 - Use of nanofluids in solar energy systems’, in Assad, M. E. H. and Rosen, M. A. B. T.-D. and P. O. of R. E. S. (eds). Academic Press, pp. 221–250. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821602-6.00017-1>.
- Ma, X., Zhao, H., Zhao, X., Li, G. and Shittu, S. (2019) ‘Building integrated thermoelectric air conditioners—a potentially fully environmentally friendly solution in building services’, *Future Cities and Environment*, 5(1), pp. 1–13. doi: 10.5334/fce.76.

- Martínez, D. M., Ebenhack, B. W. and Wagner, T. P. (2019) ‘Chapter 8 - Residential and commercial sector energy efficiency’, in Martínez, D. M., Ebenhack, B. W., and Wagner, T. P. B. T.-E. E. (eds). Elsevier, pp. 227–269. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812111-5.00008-1>.
- Mirmanto, Syahrul and Wirawan, M. (2021) ‘Teori dasar dan aplikasi pendingin termoelektrik.pdf’.
- Montgomery, R. and McDowall, R. (2008) ‘Chapter 4 - Sensors and Auxiliary Devices’, in Montgomery, R. and McDowall, R. B. T.-F. of H. C. S. (eds). Oxford: Elsevier, pp. 106–159. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-055233-0.00004-2>.
- Moultif, N., Divay, A., Joubert, E. and Latry, O. (2017) ‘8 - Reliability Study of High-Power Mechatronic Components by Spectral Photoemission Microscopy’, in El Hami, A., Delaux, D., and Grzeskowiak, H. B. T.-R. of H.-P. M. S. 2 (eds). Elsevier, pp. 241–271. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-1-78548-261-8.50008-5>.
- Nurni, V. N. and Ballal, B. N. (2014) ‘Chapter 4.1 - Rate Phenomena in Process Metallurgy’, in Seetharaman, S. B. T.-T. on P. M. (ed.). Boston: Elsevier, pp. 658–815. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-096986-2.00004-7>.
- Purushothama, B. (2009) ‘11 - Air-conditioning units’, in Purushothama, B. B. T.-H. and V. M. in T. I. (ed.). Woodhead Publishing India, pp. 174–193. doi: <https://doi.org/10.1533/9780857092847.174>.
- Rackley, S. A. (2017) ‘9 - Low temperature and distillation systems’, in Rackley, S. A. B. T.-C. C. and S. (Second E. (ed.). Boston: Butterworth-Heinemann, pp. 227–252. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812041-5.00009-X>.
- Roy Choudhury, A. K., Majumdar, P. K. and Datta, C. (2011) ‘1 - Factors affecting comfort: human physiology and the role of clothing’, in Song, G. B. T.-I. C. in C. (ed.) *Woodhead Publishing Series in Textiles*. Woodhead Publishing, pp. 3–60. doi: <https://doi.org/10.1533/9780857090645.1.3>.
- Sarbu, I. and Sebarchievici, C. (2017) ‘Chapter 8 - Solar Electric Cooling

- Systems', in Sarbu, I. and Sebarchievici, C. B. T.-S. H. and C. S. (eds). Academic Press, pp. 315–346. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811662-3.00008-6>.
- Shahidian, A., Ghassemi, M., Mohammadi, J. and Hashemi, M. (2020) '1 - Introduction', in Shahidian, A. et al. (eds). Academic Press, pp. 1–22. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817809-6.00001-7>.
- Sulistiyanto, N. (2014) 'Jurnal Tec 3', 8(1), pp. 67–72.
- Terasaki, I. (2011) '1.09 - Thermal Conductivity and Thermoelectric Power of Semiconductors', in Bhattacharya, P., Fornari, R., and Kamimura, H. B. T.-C. S. S. and T. (eds). Amsterdam: Elsevier, pp. 326–358. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-44-453153-7.00070-5>.
- Yıldız, İ. and MacEachern, C. (2018) '1.21 Food and Energy', in Dincer, I. B. T.-C. E. S. (ed.). Oxford: Elsevier, pp. 850–874. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809597-3.00124-3>.
- Zhang, H., Che, F., Lin, T. and Zhao, W. (2020) '3 - Thermal modeling, analysis, and design', in Zhang, H. et al. (eds) *Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials*. Woodhead Publishing, pp. 59–129. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102532-1.00003-2>.
- Zhao, D. and Tan, G. (2014) 'A review of thermoelectric cooling: Materials, modeling and applications', *Applied Thermal Engineering*. Elsevier Ltd, 66(1–2), pp. 15–24. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2014.01.074.