# RANCANG BANGUN PERANGKAT *PROTOTYPE* DENGAN SISTEM *HYBRID* MENGGUNAKAN *THERMOLECTRIC GENERATOR* DAN PANEL SURYA MINI SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK

## TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi

Oleh:

**IMAM KUSRONI**

**11555102522**


**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU**

**PEKANBARU**

**2020**


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

# LEMBAR PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN PERANGKAT *PROTOTYPE* DENGAN SISTEM *HYBRID* MENGGUNAKAN *THERMOLECTRIC GENERATOR* DAN PANEL SURYA MINI SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK**

## TUGAS AKHIR

Oleh :

**IMAM KUSRONI**
**11555102522**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro,
di Pekanbaru, pada tanggal 27 Juli 2020

| Ketua Program Studi | Pembimbing |
|---|---|
| **Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom** | **Aulia Ullah, ST., M.Eng** |
| **NIP. 19750922 200912 2 002** | **NIP. 198506182015031003** |

UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

# LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN PERANGKAT *PROTOTYPE* DENGAN SISTEM *HYBRID* MENGGUNAKAN *THERMOLECTRIC GENERATOR* DAN PANEL SURYA MINI SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK**

**TUGAS AKHIR**

Oleh:

**IMAM KURONI**
**11555102522**

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperolah gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekabaru, pada tanggal 27 Juli 2020

Pekanbaru, 27 Juli 2020

Mengesahkan,

| Dekan | Ketua Program Studi |
|---|---|
| **Dr. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag** | **Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom** |
| **NIP. 19660604 199203 1 004** | **NIP. 19750922 200912 2 002** |

**DEWAN PENGUJI :**

| | | |
|---|---|---|
| **Ketua** | **: Ewi Ismarendah, .Kom., M.Kom** | |
| **Sekretaris** | **:Aulia Ullah, ST., M.Eng** | |
| **Anggota I** | **:Susi Afriani, ST., MT** | |
| **Anggota II** | **: Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc** | |

# LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, Juli 2020

Yang membuat pernyataan,

**IMAM KUSRONI**
**NIM. 11555102522**

UIN SUSKA RIAU
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU

# LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

*"Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Robb mu lah hendaknya kamu berharap".*
(Q.S Al-Insyirah ayat: 7-8)
*"Niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat"*
(QS : Al-Mujadilah 11)

---

Alhamdulillahirobbil'alamin
Terimakasih ku ucapkan kepada mu ya Allah
tuhan semesta alam sujud syukurku kusembahkan
kepada-Mu ya Rabb Tuhan yang Maha Agung nan Maha Tinggi nan
Maha Adil nan Maha Penyayang, atas takdirmu telah kau jadikan aku manusia yang senantiasa berfikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Sebuah usaha dengan pemikiran dan keringat telah ku lalui dengan tantangan dan rintangan hebat sehingga saatnya sekarang usaha itu membuahkan hasil berupa desain
dan karya tulis yang menghantarkanku menjadi seorang sarjana.
Semua ini hamba persembahkan kepada Allah
yang telah menurunkan tanda-tanda
qauliyah-Nya dari Al-Quran.

Teruntuk
Kedua orang tua ku tercinta, terimakasih
Atas kesabaranmu selama ini, terimakasih atas do'a, semangat, motivasi lidah dan mulut yang tak pernah lelah menasihatiku walau terkadang nasihat itu sering ku acuhkan. Maafkan atas segala hal kecil dan besar yang pernah ananda lakukan sehingga membuat hati bapak dan ibu terluka. Terimalah karya kecil ini buah dari hasil pendidikan yang ananda jalani selama masa perkuliahan, sebagai
bentuk rasa terimakasihku walau kasih dan sayangmu
tak akan pernah bisa tergantikan semoga pahala
dan rezeki selalu dilimpahkan
kepada Allah swt
kepada kalian.

"Jangan pernah takut, ragu, malas untuk melakukan sesuatu hal yang benar, karena sesuatu hal yang didasari dengan niat baik maka akan menghasilkan sesuatu yang baik pula. Jangan berputus asa dan lari dari setiap masalah yang datang
hadapilah dengan segenap kekuatan yang ada
dan iringi setiap perjuangan dengan
do'a niscaya Allah
memberikan
jalan yang
terbaik"

**~°Imam Kusroni°~**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

# RANCANG BANGUN PERANGKAT *PROTOTYPE* SISTEM *HYBRID* MENGGUNAKAN *THERMOLECTRIC GENERATOR* DAN PANEL SURYA MINI SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK

**IMAM KUSRONI**
**NIM: 1155102522**

Tanggal Sidang: 23 Juli 2020

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas, Km 15 No. 155 Panam, Pekanbaru

## ABSTRAK

Aktifitas pendakian gunung semakin digemari, sementara masalah yang sering dialami oleh para pendaki adalah minimnya sumber energi listrik yang tersedia ketika mendaki. Oleh karena itu dibutuhkan sumber energi alternatif. Kebutuhan energi listrik bagi pendaki gunung sebesar 48 Wh. Teknologi PV dirasa cocok sebagai sumber energi listrik alternatif, namun PV masih belum cukup untuk memenuhi kebutuhan beban energi listrik pendaki gunung disebabkan berbagai faktor. Penelitian ini mencoba mengusulkan penambahan sistem *hybrid* pada daya penyimpanan PV, dengan menggunakan *thermoelectric generator* yang memanfaatkan limbah panas dari kompor. Sistem *hybrid* ini terdiri dari *monocrystalline* pet *solar panel*, TEG1-12611-6.0, kompor gas potabel, baterai Li-ion, DC-DC *step up converter*, dan kipas DC. Dari hasil percobaan implementasi, di dapatkan Sebesar 85 % kontribusi dari PV dalam memenuhi kebutuhan beban dengan energi total rata-rata 41 wh, sementara kontribusi TEG untuk menambah kekurangan PV dalam memenuhi kebutuhan beban sebesar 7 % dengan energi total rata-rata 3,8 wh. Penerapan sistem *hybrid* berhasil memenuhi kebutuhan beban sebesar 93% dengan energi total maksimal rata-rata yang dihasilkan sistem sebesar 44,8 Wh. hal ini dapat disimpulkan bahwa dengan menerapkan sistem *hybrid* kebutuhan energi bagi pendaki gunung dapat terpenuhi.

**Kata kunci:** Energi Alternatif, Sistem *Hybrid*, *Thermoelectric Generator*, Panel Surya.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

# *DESIGN AND DEVELOPMENT OF HYBRID SYSTEM PROTOTYPE USING THERMOLECTRIC GENERATOR AND MINI SOLAR PANEL AS AN ELECTRICAL ENERGY SOURCE*

***PRIEST KUSRONI***
***NIM: 1155102522***

*Date of Examinatio'July23, 2020*

*Department of Electrical Engineering*
*Faculty of Science and Technology*
*State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau*
*Jl. HR. Soebrantas, Km 15 No. 155 Panam, Pekanbaru*

## *ABSTRACT*

*Mountain climbing activities are increasingly popular, while the problem often experienced by climbers is the lack of electrical energy sources available when climbing. Therefore an alternative energy source is needed. The need for electrical energy for mountain climbers is 48 Wh. PV technology is considered suitable as an alternative source of electrical energy, but PV is still not sufficient to meet the needs of mountain climbers electrical energy load due to various factors. This research tries to propose the addition of a hybrid system on PV storage power, by using a thermoelectric generator that utilizes waste heat from the stove. This hybrid system consists of a monocrystalline pet solar panel, TEG1-12611-6.0, portable gas stove, Li-ion battery, DC-DC step up converter, and DC fan. From the results of the implementation experiment, it was found that 85% of the contribution of PV in meeting the load needs with an average total energy of 41 wh , while the contribution of TEG to increase the shortage of PV in meeting load requirements was 7% with an average total energy of 3.8 wh. The application of the hybrid system succeeded in fulfilling the load requirement of 93% with the maximum total energy produced by the system averaging 44.8 Wh . It can be concluded that by implementing a hybrid system the energy needs of mountain climbers can be met.*

***Keywords:*** *Alternative Energy, Hybrid System , Thermoelectric Generator , Solar Panels.*

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

# KATA PENGANTAR

*Assalammu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.*

*Allhamdulillahi rabbil'alamin*, segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT, yang telah memberi Rahmat dan Hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat melaksanakan Penelitian Tugas Akhir dan telah menyelesaikan laporan Tugas Akhir. Salawat dan salam penulis kirimkan kepada junjungan alam yakni Nabi Muhammad SAW.

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan tingkat sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Laporan Tugas Akhir ini disusun berdasarkan hasil pengamatan dan analisa selama penulis melaksanakan Penelitian Tugas Akhir Dengan judul RANCANG BANGUN PERANGKAT *PROTOTYPE* SISTEM *HYBRID* MENGGUNAKAN *THERMOLECTRIC GENERATOR* DAN PANEL SURYA MINI SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK dan ditambah dengan studi literatur yang berkaitan.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Penelitian dan laporan Tugas Akhir ini, baik itu berupa bantuan moral, materiil, atau berupa pikiran, ide serta gagasannya yang tidak akan pernah terlupakan, antara lain kepada:

1. Ayahanda Sumali dan Ibunda tercinta Marini, kakak, abang, adik-adik serta keluarga besar yang telah memberikan semangat, dukungan moril maupun materiil dan doa kepada penulis yang selalu mendoakan penulis.
2. Bapak Prof. Dr. KH. Akhmad Mujahidin, S.Ag., M.Ag. Selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Bapak Dr. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag. Selaku Dekan Fakultas Sains dan teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Bapak Dr. Harris Simaremare, ST., MT. Selaku Wakil Dekan Satu Fakultas Sains dan teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Ibu Ewi Ismaredah, M.Kom, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Bapak Mulyono, ST., MT. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro.
7. Bapak Ahmad Faizal, ST., MT. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro.

8. Spesial untuk Bapak Aulia Ulah, ST., M.Eng. selaku Pembimbing Tugas Akhir dari Program Studi, yang selalu memberikan bimbingan, arahan, yang berharga serta dorongan dan semangat dalam menyelesaikan kegiatan Penelitian dan demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir.
9. Ibu Susi Afriani, ST., MT, selaku penguji I, yang telah memberi bimbingan, arahan, kritik dan saran yang berharga demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir.
10. Ibu Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc, selaku penguji II, yang telah memberi bimbingan, arahan, kritik dan saran yang berharga demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir.
11. Spesial untuk para sahabat seperjuangan yang telah banyak membantu (bang Jamaludin Husein Nasution, ST., Muhammad Budiono, Teguh Santoso, Bagus Artani, Khalilul Afif, Fadhli Syaifurrahman, ST., Ahmad Fahmi Abdullah, Doni Kurniadi, ST., Tarik Bilhadi, ST., Fahrul Rozi, ST., M.Tommi Afri Putra, ST., Ahmad Riannur, ST., Dara Ruliyanti, ST. Serta seluruh sahabat yang tidak bisa penulis sebutkan namanya satu persatu.)
12. Spesial untuk para sahabat Teknik Elektro angkatan 2015 serta teman-teman konsentrasi energi yang tidak bisa penulis sebutkan namanya satu persatu, yang selalu memberikan dorongan dan semangatnya kepada penulis selama ini.
13. Paling spesial untuk seorang yang tidak dapat penulis sebutkan namanya di sini, yang telah memberikan dorongan dan semangatnya kepada penulis selama ini.
14. Serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu namanya yang telah banyak membantu dan memberi motivasi dalam pengerjaan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan, untuk itu penulis menerima segala kritik yang bersifat membangun, agar lebih baik dimasa yang akan datang.

Harapan penulis, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis sendiri khususnya, serta memberikan manfaat yang luas bagi pembaca di masa mendatang. Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Pekanbaru, Juli 2020

IMAM KUSRONI



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Sultan Syarif Kasim Riau

# DAFTAR ISI

Halaman

**ABSTAK** ..... i
***ABTRACT*** ..... ii
**KATA PENGANTAR** ..... iii
**DAFTAR ISI** ..... iv
**DAFTAR GAMBAR** ..... vii
**DAFTAR TABEL** ..... ix
**DAFTAR GERAFIK** ..... x
**DAFTAR RUMUS** ..... xi
**BAB I PENDAHULUAN** ..... I-1
1.1 Latar Belakang ..... I-1
1.2 Rumusan Masalah ..... I-5
1.3 Tujuan Penelitian ..... 1-5
1.4 Batasan Masalah ..... 1-5
1.5 Manfaat Penelitian ..... 1-5
**BAB II TINJAUAN PUSTAKA** ..... II-1
2.1 Penelitian Terkait ..... II- 1
2.2 *Solar Cell* ..... II- 3
2.3 Prinsip Kerja *Solar Cell* ..... II-3
2.3.1 Energi Cahaya Matahari ..... II-6
2.3.2 Penyerapan Cahaya ..... II-8
2.4 Generator *Thermoelectric* ..... II-13
2.5 Efek *Thermoelectric* ..... II-14
2.5.1 Efek *Seebeck* ..... II-14
2.5.2 Efek *Peltier* ..... II-16
2.5.3 *Thomson Effect* ..... II-18
2.6 Prinsip Kerja Generator *Themoelectric* ..... II-20
2.6.1 Sistem Konversi Energi Panas Dengan Termoelektris Generator ..... II-21
2.7 Teori Perpindahan Panas ..... II-25
2.7.1 Perpindahan Panas Secara Konduksi ..... II-26



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

2.7.2 Perpindahan Secara Konveksi ..... II-30
2.7.3 Perpindahan Secara Radiasi ..... II-30
2.8 DC-DC Topologi *Boost* ..... II-32
2.9 Baterai ..... II-33
2.9.1 Baterai ion Litium (Li-ion atatu LIB) ..... II-34
2.10 Modul TP4056 *Lithium Battery Charger* ..... II-35
**BAB III METODOLOGI PENELITIAN** ..... III- 1
3.1 Prosedur Alur Penelitian ..... III- 1
3.2 Tahap Perencanaan ..... III-2
3.3 Tahap Perancangan Alat ..... III-2
3.3.1 Analisis Kebutuhan Sistem ..... III- 3
3.3.2 Analisis Profil beban Energi Listrik ..... III-3
3.3.3 Alat Dan Komponen Perancangan ..... III-3
3.4 Perancangan Perangkat sistem *Hybrid* PV-TEG ..... III-7
3.4.1 Desain Perangkat *Prototype* Sistem *Hybrid* PV-TEG ..... III-8
3.5 Tahap Perakitan Perangkat *Prototype* Sistem *Hybrid* PV-TEG ..... III-11
3.5.1 Tahapan Perancangan Perangkat Panel Surya ..... III-11
3.5.2 Tahapan Perancangan *Thermoelectric Generator* ..... III-12
3.6 Tahap Pengujian ..... III-13
3.6.1 Tahapan Tata Cara Pelaksanaan Pengujian Daya Dan Energi III-14
3.7 Analisis Data ..... III-16
**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN** ..... IV- 1
4.1 Kebutuhan Beban Energi Pendaki Gunung ..... IV- 1
4.2 Hasil Perakitan *Prototype* Sistem *Hybrid* Keseluruhan ..... IV-3
4.3 Perhitungan Kebutuhan Sistem *Hybrid* PV dan TEG ..... IV-3
4.4 Pengujian Panel Surya ..... IV-5
4.4.1 Hasil Dan Analisa Pengujian Panel Surya Tanpa Beban ..... IV-6
4.4.2 Hasil Dan Analisa Pengujian Panel Surya Dengan Beban Listrik IV-9
4.5 Pengujian *Thermoelectric Generator* ..... IV-11
4.5.1 Hasil Dan Analisa Pengujian *Thermoelectric Generator* tanpa kipas DC ..... IV-11
4.5.2 Hasil Dan Analisa Pengujian *Thermoelectric Generator* Dengan Tambahan Pendingin Kipas DC ..... IV-15



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

4.6 Perhitungan Total Energi PV-TEG ..... IV-18
**BAB IV PENUTUP** ..... V- 1
5.1 Kesimpulan ..... V-1
5.2 Saran ..... V-2
**DAFTAR PUSTAKA**
**LAMPIRAN**

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

# DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

Gambar 2.1 *Solar Cell Monocrystalline* ..... II-4
Gambar 2.2 Struktur dari sel surya komersial yang menggunakan material silikon sebagai semikonduktor ..... II-5
Gambar 2.3 *Thin Film* solar panel ..... II-6
Gambar 2.4 diagram prinsip kerja *Solar Cell* ..... II-8
Gambar 2.5 Modul sel surya ..... II-9
Gambar 2.6 Distribusi panjang gelombang elektromagnetik ..... II-11
Gambar 2.7 Refleksi, transmisi dan penyerapan ..... II-12
Gambar 2.8 Efek *Seebeck* dan *Peltier* ..... II-15
Gambar 2.9 Elemen *Thermoelectric Generato* ..... II-17
Gambar 2.10 Struktur Elemen *Peltier* ..... II-17
Gambar 2.11 Efek *Thompson* ..... II-19
Gambar 2.12 Struktur Pembangkit Daya *Thermoelectric* ..... II-20
Gambar 2.13 Tiga cara perpindahan kalor ..... II-26
Gambar 2.14 Perpindahan Panas Konduksi ..... II-27
Gambar 2.15 Perpindahan Panas Konveksi ..... II-30
Gambar 2.16 Perpindahan Panas Radiasi ..... II-31
Gambar 2.17 Contoh rangkaian dasar DC-DC *Step up converter* ..... II-32
Gambar 2.18 Modul ICXL6009E1 *DC-DC step up converter* ..... II-33
Gambar 2.19 baterai *Lithium* ion 18650 ..... II-35
Gambar 2.20 Modul TP4056 ..... II-36
Gambar 2.21 Rangkaian ..... II-36
Gambar 3.1 Metodologi Penelitian ..... III-1
Gambar 3.2 Diagram Alur Proses kompor *Hybrid solar cell* dan TEG ..... III-3
Gambar 3.3 *Prototype* Kompor Gunung Gas Portabel *hybrid* TEG dengan *Solar cell* III-4
Gambar 3.4 Modul 5v 400 mA *Monocrystalline* PET *Solar Cell* ..... III-6
Gambar 3.5 *Thermoelectric Generator* Tipe TEG-199-1.4-0.5 *Solar Cell* ..... III-8
Gambar 3.6 Plat Penampang Awal ..... III-9
Gambar 3.7 *Heatsink* ..... III-10
Gambar 3.8 Kipas DC ..... III-10
Gambar 3.9 Rangkaian Modul *Solar Cell* Dengan Baterai LI-ion 18650 ..... III-11



UIN SUSKA RIAU
© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Gambar 3.10 perangkat modul *Thermoelctric Generator* ..... III-13
Gambar 3.11 Perencangan Seluruh Alat ..... III-14
Gambar 4.1 Perencangan Alat Keseluruhan..... IV-5
Gambar 4.2 Pengujian Panel Surya Tahap Pertama ..... IV-8
Gambar 4.3 Pengujian Panel Surya Tahap Kedua ..... IV-10
Gambar 4.4 Pengujian TEG Tahap Pertama ..... IV-13
*Gambar 4.5* Pengujian TEG tahap kedua..... IV-16
Gambar 4.6 Pengujian TEG Tahap Ketiga..... IV-19
Gambar 4.7 Pengujian Sistem *Hybrid Solar Cell* Dan TEG ..... IV-22

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

Tabel 2.1 Distribusi panjang gelombang elektromagnetik ..... II-7
Tabel 2.2 Konduktivitas *Thermal* Berbagai Bahan ..... II-17
Table 2.3 Spesifikasi Baterai Litium ion 18650 ..... II-22
Tabel 3.1 Spesifikasi modul TEG1-199-1.4-0.5 ..... III-5
Tabel 3.2 Penggunaan pin modul *solar All* ..... III-22
Tabel 3.3 Penggunaan pin modul *solar All* ..... III-12
Tabel 4.1 Spesifikasi Perangkat Elektronik ..... IV-1
Tabel 4.2 Profil beban yang dibutuhkan ..... IV-4
Tabel 4.3 Pengukuran Panel Surya ..... IV-9
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Pengisian Daya Baterai ..... IV-11
Tabel 4.5 Hasil pengambilan data pengujian TEG tahap pertama ..... IV-13
Tabel 4.6 Data hasil pengujian TEG tahap kedua ..... IV-17
Tabel 4.7 Data hasil pengujian TEG tahap ketiga ..... IV-20
Tabel 4.8 data pengujian sistem hybrid solar cell dengan TEG ..... IV-23

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# DAFTAR GRAFIK

Grafik Halaman

Grafik 2.1 Efisiensi maksimal peltier ..... II-22
Grafik 2.2 Hubungan suhu dengan V (tegangan) ..... II-23
Grafik 2.3 Hubungan suhu dengan I (arus) ..... II-24
Grafik 4.1 Perbandingan pengujian sistem *hybrid* dan panel surya .....IV-25

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak cipta dan Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# DAFTAR RUMUS

Rumus Halaman

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

# BAB I

# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pada saat ini tingkat kebutuhan energi di Indonesia mengalami peningkatan sesuai dengan laju pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan industri. Peningkatan konsumsi energi ini berbanding lurus dengan peningkatan jumlah penduduk di Indonesia yang mana pada tahun 2017 jumlah penduduk Indonesia terbesar 261.890,9 jiwa [1]. Menurut badan pusat statistik menyebutkan pertumbuhan penduduk per 2017 meningkat sekitar 1,49% per tahunnya khususnya di daerah perkotaan, pada tahun 2025 proyeksi pertumbuhan penduduk mencapai 59% [2].

Semakin maju suatu bangsa maka semakin besar pula kebutuhan terhadap energi, karena energi merupakan sektor utama sebagai penggerak dari sektor-sektor lainnya, di antaranya sektor industri, transportasi, pendidikan, pembangunan, kesehatan, dan pariwisata. pertumbuhan konsumsi energi juga di sebabkan oleh perkembangan teknologi yang sangat pesat di era sekarang ini. Salah satu energi yang sangat penting dan bahkan menjadi kebutuhan dasar umat manusia pada saat ini adalah energi listrik, karena energi listrik merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang sangat penting dan sebagai sumber daya ekonomi yang paling utama yang dibutuhkan dalam berbagai kegiatan.

Dalam waktu yang akan datang kebutuhan listrik akan terus meningkat seiring dengan adanya peningkatan dan perkembangan baik dari jumlah penduduk, jumlah investasi, perkembangan teknologi termasuk di dalamnya perkembangan dunia pendidikan [3]. Berdasarkan informasi yang penulis dapat melalui metode wawancara secara langsung terhadap beberapa anggota komunitas pencinta alam, bahwasanya kebutuhan akan energi listrik ini juga dialami oleh para pencinta alam atau yang menggemari kegiatan-kegiatan seperti pendakian gunung, atau berkemah di alam bebas.

Saat ini banyak orang memilih berlibur di tempat yang udaranya lebih segar dan bebas polusi. Anak-anak muda menggemari kegiatan atau menikmati keindahan alam dengan melakukan pendakian gunung, ke pantai, berkemah di alam bebas, atau tempat yang cukup jauh dari permukiman warga, yang artinya sumber energi listrik sulit untuk dijangkau. Saat ini, aktivitas pendakian gunung dan aktivitas *outdoor* lainnya semakin tinggi. Terdapat

ribuan pendaki yang berasal dari berbagai daerah di Indonesia yang memadati Gunung Perahu, Wonosobo, Jawa Tengah. [4].

Kegiatan pendakian gunung atau berkemah di alam bebas sangatlah berbeda jauh dengan kegiatan sehari-hari, banyak masalah yang harus dihadapi, salah satu masalah adalah pasokan energi listrik yang sangat terbatas. Berdasarkan studi pendahuluan yang penulis lakukan melalui wawancara lngsung terhadap beberapa anggota komunitas pendaki gunung yang berada di Pekanbaru. Penulis memperoleh informasi bahwasanya setiap pendaki, atau yang sering melakukan kegiatan berkemah, hiking kebanyakan membawa *smartphone*, kamera dan peralatan elektronik pendukung lainnya seperti senter dan *Handy Talk* (HT). *Smartphone* dan kamera digunakan untuk mengabadikan kegiatan di gunung atau berkemah di alam bebas, sedangkan lampu senter digunakan untuk penerangan ketika malam, *Handy Talk* (HT) sebuah perangkat yang digunakan sebagai telekomunikasi melalui gelombang radio.

Alat elektronik tersebut masing-masing membutuhkan suplai energi listrik, dan kebanyakan suplai energi dari baterai yang sangat minim kapasitasnya [4]. Alat elektronik seperti telepon seluler (ponsel) pada era yang serba modern ini sudah menjadi yang utama bagi manusia. Ponsel yang pada mulanya digunakan untuk sarana telepon dan mengirim pesan singkat, kini berkembang pesat dengan adanya koneksi internet. Seiring dengan perkembangan itu, ponsel juga dapat digunakan sebagai GPS (*Global Positioning System*), selain itu ponsel saat ini di lengkapi dengan kamera sehingga dapat di gunakan untuk mengabadikan setiap momen ketika di gunung atau berkemah [5].

Salah satu peranan penting GPS sebagai penentu posisi dan penunjuk arah untuk para pendaki gunung agar tidak tersesat. Dikutip dari laporan oleh BBC (*British Broadcasting Corporation*) Indonesia, seorang pria terjebak di pegunungan di Wales, Inggris, karena peta elektroniknya rusak. Sedangkan untuk memakai fitur GPS dibutuhkan ponsel pintar yang menyala. Karena kegiatan tersebut biasanya dilakukan tidak hanya satu sampai dua hari tetapi bisa sampai beberapa hari, kegiatan ini menjadi kendala jika baterai habis saat keadaan yang sangat mendesak, dan penggunaan cadangan baterai dinilai kurang efektif karena hanya bisa digunakan sekali. Sulit ditemukannya fasilitas sumber listrik di area pegunungan menjadi masalah bagi para pendaki gunung [6].

Berdasarkan studi pendahuluan yang penulis lakukan melalui wawancara terhadap beberapa anggota komunitas pecinta alam dan pendaki gunung yang berada di Pekanbaru.



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Penulis memperoleh informasi bahwasanya, kebutuhan energi listrik para pendaki atau yang sedang melakukan kegiatan berkemah di alam bebas sekitar 123Wh. Untuk memenuhi kebutuhan listrik selama melakukan kegiatan tersebut, mereka sering membawa powerbank, namun powerbank juga menggunakan baterai dalam pengoperasiannya, yang artinya powerbank pun tidak memiliki daya yang tidak pernah habis, dalam artian powerbank juga perlu adanya sumber energi listrik untuk mengisi kembali daya baterai yang ada dalam powerbank jika daya yang ada di dalam baterai powerbank habis. Setelah di isi dengan energi listrik, baru dapat digunakan untuk mengisi baterai dari alat elektronik yang dibawa oleh para pendaki kemudian powerbank tidak bersifat *sustainable* [7].

Untuk mengatasi masalah yang telah dijabarkan di atas maka dibutuhkan suatu alat sebagai sumber energi listrik alternatif yang darpat mensuplai kebutuhan listrik dari alat-alat elektronik yang dibawa oleh para *survivor* dimanapun dan kapanpun. Sumber energi yang saat ini mulai di kembangkan adalah *fuel cell*. *Fuel cell* (sel bahan bakar) adalah perangkat elektro kimia yang mengubah energi kimia dari suatu reaksi secara langsung menjadi energi listrik [8]. menurut standar yang dikeluarkan *United Technologies Corporation* (UTC) pada tahun 2002, Efisiensi dari *fuel cell* mencapai 50% - 70%. Sebuah sistem *Fuel cell* dapat di kategorikan *zero emission* yang di hasilkan nol atau hampir mendekati nol, dengan tingkat pengurangan polusi pada sistem sel bahan bakar tertentu yang di gunakan, tidak bersuara, kemampuan mengisi ulang yang hampir seketika dibandingkan dengan baterai [9].

Kelebihan-kelebihan *fuel cell* yang telah diuraikan di atas masih terdapat kendala antara lain sulitnya untuk mendapatkan bahan bakar dalam hal ini adalah hidrogen. saat ini proses produksi hidrogen masih sangat mahal dan membutuhkan input energi yang besar, dan *fuel cell* memerlukan katalisator yang berupa Platinum untuk membantu reaksi pembangkitan listrik. Platinium adalah logam yang jarang ditemui dan sangat mahal, berdasarkan survei geologis ahli USA, total cadangan logam platinum di dunia sekitar 100 juta kg [10]. Dan pada saat ini, di perkirakan teknologi *fuel cell* berkapasitas 50 kW memerlukan 100 gram platinum sebagai katalisator [8].

Energi matahari adalah salah satu energi yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan listrik saat ini. Energi surya adalah salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini. Energi ini merupakan salah satu alternatif pembangkit energi listrik yang sangat baik untuk masa kini dan masa depan. Alat untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik adalah panel surya [5]. *Solar cell* yang berfungsi untuk mengkonversi energi matahari



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

menjadi energi listrik. Teknologi *solar cell* merupakan sebuah hamparan semikonduktor yang dapat menyerap *photon* dari sinar matahari dan mengkonversi menjadi listrik. *Solar cell* banyak digunakan untuk berbagai aplikasi salah satunya sebagai alat untuk mencarger alat elektronik yang dibawa ketika berkemah dan mendaki gunung.

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi *solar cell* tidak maksimal dalam menghasilkan energi listrik, salah satu faktor adalah intensitas cahaya matahari. Pemakaian *solar cell* untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di saat berkemah dan mendaki gunung dirasa kurang efektif, karena dalam penggunaan panel surya sangat tergantung dengan cuaca, dan di alam bebas ada saat-saat tertentu di mana terdapat suatu keadaan di mana cahaya matahari kurang untuk menyinari solar panel, dan akan banyak permasalahan yang timbul seperti hujan, berawan, dan ketika berada di hutan yang lebat [11].

Berdasarkan penjabaran di atas bahwa untuk mengatasi permasalahan ketersediaan sumber energi listrik di gunung atau di alam bebas, yang dibutuhkan bagi para pendakian gunung atau yang sedang berkemah, hiking di alam bebas, penulis mencoba mencari alternatif lain yang dapat membackup *solar cell* sehingga dapat membantu permasalahan yang sering di alami oleh para pendaki gunung terutama di bidang sumber energi listrik. Penulis melihat ada potensi lain yang dapat digunakan sebagai sumber energi listrik. Ketika bepergian berkemah, mendaki gunung, atau hiking, pastinya akan membawa sumber api dalam beberapa bentuk, salah satunya adalah kompor gunung yang berbahan bakar gas portabel untuk keperluan memasak. Di lain sisi api dari kompor gunung, merupakan sumber panas yang dapat menghasilkan limbah panas, limbah panas ini akan terbuang begitu saja [4]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Tomy Setyawan (2017). Telah melakukan penelitian tentang memanfaatkan limbah panas yang terbuang dari kompor yang sering digunakan ketika berkemah dengan menggunakan modul *Peltier* (TEC) dan Tegangan yang dihasilkan sebesar 3,2 volt dengan kuat arus sebesar 0,81 amper hal ini output yang dihasilkan masih cukup kecil hal ini dipengaruhi oleh efisiensi TEC yang masih kecil [4].

Sebagai alternatifnya penulis ingin memanfaatkan limbah panas yang terbuang dari kompor yang sering digunakan ketika berkemah. salah satu teknologi yang dapat mengubah limbah panas menjadi energi listrik adalah *Thermoelectric Generator* yang memiliki tingkat efisiensi yang cukup tinggi daripada modul TEC. Dengan menggunakan metode perbedaan temperatur, untuk mengatasi permasalahan yang ada, maka pada penelitian ini didapatkan salah satu solusi agar dapat menghasilkan daya listrik yang lebih besar yaitu dengan cara



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

menggabungkan (*hybrid*) sumber energi listrik yang dihasilkan oleh *solar cell* dengan sumber energi yang dihasilkan oleh TEG ( *Thermoelectric Generator* ).

Tujuan *hybrid* TEG dengan *solar cell* salah satunya adalah sebagai sumber energi cadangan, sehingga apabila penyerapan intensitas cahaya matahari pada *solar cell* menurun maka sumber energi TEG yang dihasilkan dapat dijadikan *backup* untuk menambahkan energi listrik yang digunakan. Oleh karena itu agar lebih efektif dan mendapatkan daya output yang maksimal maka penulis tertarik melakukan sebuah penelitian yang menggunakan sistem *hybrid*. Dalam hal ini penulis merujuk perancangan *prototype* alat pada bagian 5, Permenristekdikti no 42 tahun 2016 tentang TKT (Tingkat Kesiapan Terapan) [12]. Sehingga penulis mengambil judul **"Rancang Bangun *Prototype* Sistem *Hybrid* Menggunakan Panel Surya Mini Dengan *Thermolectric Generator* Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif"**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas perumusan masalah yang akan di bahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa panel surya yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di gunung?
2. Berapa modul *Thermoelectric Generator* yang di butuhkan untuk membackup kekurangan dari *solar cell*?
3. Berapa tingkat keberhasilan alat yang menerapkan sistem *hybrid* dalam memenuhi kebutuhan energi listrik pendaki gunung?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai beriku

1. Dapat mengetahui seberapa besar potensi dari sumber energi yang digunakan sehingga dapat memenuhi kebutuhan energi listrik ketika di gunung atau berkemah
2. Dapat menghasilkan rancangan sebuah alat dengan metode *hybrid*, dalam hal ini *hybrid solar cell* dengan *Thermoelectric Generator* guna memenuhi kebutuhan energi listrik di gunung atau saat berkemah, dengan memanfaatkan kompor gunung dan panel surya mini.
3. Mengetahui tingkat keberhasilan perancangan alat yang menggunakan sistem *hybrid* sebagai sumber energi alternatif.

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

## 1.4 Batasan Masalah

Agar tugas akhir ini lebih terarah dan dapat mencapai hasil yang diinginkan, oleh karena itu penulis akan membatasi tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Profil beban yang digunakan mengacu pada profil beban prioritas
2. Kompor yang digunakan adalah kompor gunung gas *portable*
3. Penulis tidak menghitung perpindahan panasnya, melainkan hanya melakukan pengukuran terhadap perbedaan temperatur yang di dapatkan.
4. Menentukan tingkat kelayakan kompor gunung *Thermoelectric Generator hybrid solar cell* untuk membantu kegiatan pendakian gunung.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Secara akademis, diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat bagi penambahan referensi yang berkaitan dengan pemanfaatan *Thermoelectric Generator* dan *solar cell* dengan sistem *hybrid* di Departemen Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Dapat mengetahui potensi dan manfaat dari *Thermoelectric Generator* dan *solar cell* sebagai energi terbarukan
3. Dapat mengetahui energi dan efisiensi serta kelayakan yang di hasilkan dari pemanfaatan *Thermoelectricgenerator* dan *Solar Cell* Dengan sistem *hybrid*

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

# BAB II

# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Penelitian Terkait

Penelitian Tugas Akhir ini akan dilakukan studi literatur yang merupakan pencarian referensi yang relevan dengan permasalahan yang akan di selesaikan. Teori dan referensi di dapat baik dari buku, jurnal, Paper, artikel dan sumber lainnya yang berkaitan. Penelitian mengenai *Hybrid Solar Cell* dengan *Thermoelectric* telah banyak dilakukan.

Dalam Penelitiannya yang berjudul Rancang Bangun Alternatif *Charger Handphone* Tenaga Surya (*Solar Cell*) [12]. Penelitian ini berlatar belakang perlunya energi alternatif yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi peralatan komunikasi yaitu *handphone* di daerah-daerah yang belum ada persediaan listrik maupun sumber listrik pembangkit yang bersifat alternatif dan *emergency*. Masalah yang dikaji adalah bagaimanakah merancang penstabilan tegangan dan membuat *charger handphone* tenaga surya. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang *charger handphone* tenaga surya dengan menggunakan penstabil tegangan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian deskriptif persentase. Data yang diperoleh adalah besaran-besaran dari hasil penstabilan kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan.

Dengan metode penelitian tersebut dapat dicari rata-rata tegangan keluaran serta perbedaan nilai tegangan sebelum penstabilan tegangan dan nilai tegangan sesudah penstabilan dengan nilai tegangan yang diharapkan yaitu sebesar 4,5 volt. Hasil akhir dari penelitian proyek akhir ini adalah perancangan *charger* dengan menggunakan modul panel surya. Panel surya ini dimaksudkan sebagai pembangkit tenaga listrik. Tegangan yang keluar dari modul (*solar cell*) ini belum stabil sehingga digunakan rangkaian regulator dengan IC LM317 untuk menstabilkan tegangan. Pengisian baterai dapat dilakukan pada pukul 07.00 sampai dengan pukul 16.00 dengan keadaan cuaca tentunya cerah.

Penelitian berikutnya yang berjudul Rancang Bangun Pemanfaatan Panel Surya Sebagai *Charger Handphone* Di Tempat Umum [7]. Penelitian ini menjelaskan bahwa pada saat ini Kesibukan dengan aktivitas dan mobilitas yang tinggi memang sudah menjadi gaya hidup sebagian besar masyarakat, khususnya perkotaan. Hal ini menyebabkan sarana alat komunikasi, seperti *handphone* menjadi hal yang sangat dibutuhkan. Oleh karenanya Penelitian ini bertujuan untuk memberikan inovasi terhadap payung sebagai peranti

*mencharger handphone*. Jika payung di tempatkan di ruang terbuka hijau atau lokasi pantai tempat perbelanjaan, kampus, dan berbagai tempat umum lainnya, kenyataannya jarang ditemui ada tempat khusus seperti itu, dengan hal ini penulis berinisiatif merancang bangun alat yang menggunakan sistem tenaga surya sebagai sumber tenaganya yang dapat dipakai untuk mengisi baterai atau *charging* pada peralatan portabel khususnya *handphone* dan alat lain yang memiliki spesifikasi pengisian daya yang sama seperti *handphone*, contohnya powerbank, tablet, dan lain sebagainya tanpa harus membawa *charger* dari alat tersebut. Dengan hanya menggunakan peranti sederhana. Sebuah payung pantai yang diberi lapisan elemen fotovoltaik bisa di jadikan sebagai pusat charger Handphone. Dengan hasil rata rata sekitar 21,41 watt per jam, maka dalam 1 hari atau 10 jam *solar cell* mendapat paparan cahaya matahari, sistem akan menghasilkan daya sekitar 214 watt per harinya, dan dapat mengisi baterai yang ada pada sistem dalam waktu kurang lebih 6 jam 12 menit.

Dalam penelitian berikutnya yang berjudul Rancangan Alat Pengisi Daya Dengan Panel Surya ( *Solar Charging Bag* ) Menggunakan *Quality Function Deployment* (Qfd) [13]. Penelitian ini berlatar belakang perlunya energi alternatif dikarenakan Sumber listrik menjadi kebutuhan yang sangat penting, tetapi penggunaan yang semakin meningkat tidak diikuti dengan penambahan pasokan listrik yang baik akan menjadi masalah yang serius. Sebagai alat elektronik *handphone*, leptop dan kamera sudah menjadi kebutuhan yang sangat membutuhkan alat untuk mengisi ulang daya baterai. Para pekerja lapangan, *traveler*, maupun pecinta alam membutuhkan alat-alat tersebut. Penelitian dilakukan untuk membuat produk yang menggunakan energi matahari dapat menyimpan daya listrik dan dapat dibawa dengan mudah. Metode *quality function deployment*, digunakan untuk mengetahui kebutuhan dan keinginan konsumen. Hasil analisis *solar charging bag*, yang mempunyai spesifikasi dimensi tas 500x660x300mm, daya tampung tas 45L dengan kapasitas *solar cell* 20 wp ( *watt peak* ) *Polycrystalline* 12 volt AC, keunggulan dibandingkan produk lain seperti powerbank, solar *charging bag* dapat mengisi daya untuk voltase sampai 11,8V. Penelitian diketahui *solar charging bag* dapat memenuhi kebutuhan listrik di manapun dengan tidak menggunakan sumber listrik Negara.

Dalam penelitian tugas akhir yang berjudul tentang Pemanfaatan Panas Kompor Gunung Untuk mengkonversi Energi Panas Menjadi Energi Listrik Dengan Modul *Peltier* [4]. Dalam penelitian ini menjelaskan memanfaatkan panas yang dihasilkan dari kompor gunung melalui kegiatan proses masak-memasak, kemudian diubah menjadi energi listrik



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

yang dapat digunakan untuk mengisi baterai *smartphone*, prinsip kerja kompor gunung thermoelectric yaitu dengan cara mengubah gradien temperatur panas yang berasal dari kompor gunung dan dingin yang berasal dari udara sekitar menjadi energi listrik DC. Berdasarkan pengujian, kompor gunung thermoelectric pada penelitian ini paling optimal digunakan di lapangan dengan panci. Tegangan yang dihasilkan sebesar 8,2 volt dengan kuat arus sebesar 0,81 amper sehingga mampu mengisi baterai *smartphone.*

## 2.2 *Solar cell*

*Solar Cell* adalah suatu bahan atau perangkat yang mampu mengubah energi yang terkandung dalam foton cahaya menjadi tegangan dan arus listrik, sebuah foton dengan panjang gelombang yang cukup pendek dan energi yang cukup tinggi dapat menyebabkan elektron dalam bahan *photovoltaic* melepaskan diri dari atom yang menyimpannya. Jika medan listrik terdekat disediakan, elektron-elektron tersebut dapat berpindah menuju kontak logam di mana mereka dapat muncul sebagai arus listrik. Kekuatan pendorong untuk menyalakan *photovoltaic* berasal dari matahari, dan menarik untuk dicatat bahwa permukaan bumi menerima sekitar 6000 kali lebih banyak energi matahari dari total kebutuhan energi kita [14]. Di antara semua teknologi energi berkelanjutan, seperti angin, pasang surut, hidro, panas bumi, dan biomassa, teknologi PV adalah metode yang paling efektif untuk menghasilkan listrik tanpa polusi, suara atau bagian yang bergerak.

PV ditemukan pertama dari "efek *photovoltaic*" oleh fisikawan Prancis Eddmond Becquerel pada tahun 1839. Efek *Photovoltaic* adalah fenomena eksitasi elektron dan logam permukaan oleh cahaya foton, dia mengamati peningkatan energi listrik ketika alat yang digunakan untuk percobaan elektro kimia yang melibatkan dua plat logam dalam larutan asam yang terpapar sinar matahari. Sel *Photovoltaic* memiliki kelebihan di antaranya meminimalisir kerugian dan biaya transmisi, dan panel surya sendiri beroprasi tanpa kebisingan, tanpa emisi gas rumah kaca yang beracun, dan tidak membutuhkan proses *maintenance* yang begitu rumit. Sel *Photovoltaic* dibagi menjadi tiga, kategori utama disebut sebagai generasi Sel surya berbasis wafer, kemudian sel surya generasi kedua di sebut *Thin Film*, kemudian generasi ketiga di sebut sel *photovoltaic* persimpangan ganda [15]

## 2.3 Prinsip kerja *solar cell*

Modul *Photovoltaic* (PV) adalah perangkat *solid-state* yang mengubah sinar matahari, yang mana sumber energi paling melimpah di planet ini, langsung menjadi listrik tanpa mesin pemanas atau peralatan yang berputar. PV tidak memiliki bagian yang bergerak dan

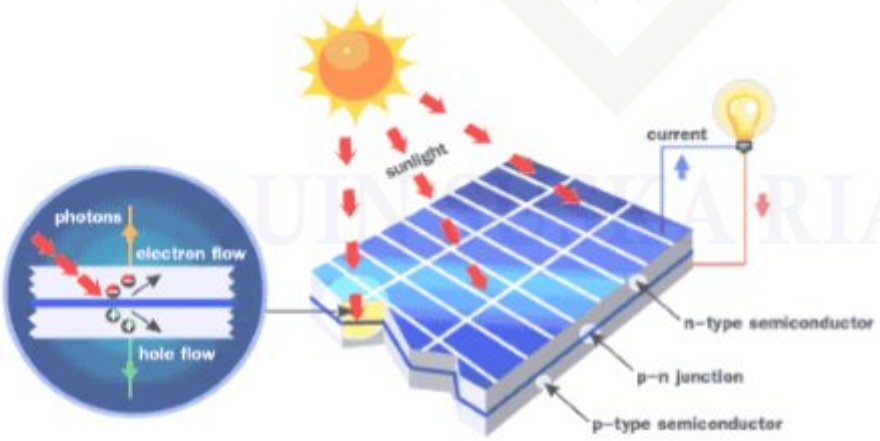


UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

membutuhkan perawatan yang sangat minim dan memiliki umur yang panjang. *Photovoltaic* dapat menghasilkan listrik tanpa menghasilkan emisi rumah kaca atau gas lain dan operasinya tanpa menghasilkan suara. Sistem *photovoltaic* dapat dibangun dalam ukuran apa saja, mulai dari mili watt hingga megawatt sistem *photovoltaic* sangat andal sehingga sistem *solar cell* sering dikatakan energi bersih dan ramah lingkungan.

Panel *solar cell* merupakan modul yang terdiri beberapa *solar cell* yang digabung dalam hubungkan seri dan paralel tergantung ukuran dan kapasitas yang diperlukan. Perangkat *photovoltaic* digunakan untuk mengubah radiasi matahari langsung menjadi listrik, terbuat dari berbagai semikonduktor, yang merupakan bahan yang memiliki konduktor listrik yang cukup baik. Bahan yang paling umum digunakan adalah silikon (Si) dan senyawa cadmium sulfida (CdS), tembaga sulfida (Cu2S), dan galium arsenide (GaAs) [16].

Sel-sel ini dikemas ke dalam modul yang menghasilkan voltase dan arus spesifik saat menyala. Tinjauan komprehensif teknologi sel dan modul diberikan oleh Kazmerski (1997). Modul PV dapat dihubungkan secara seri atau paralel untuk menghasilkan voltase atau arus yang lebih besar. Sistem *photovoltaic* dapat digunakan secara independen atau bersamaan dengan sumber daya listrik lainnya. Aplikasi yang di berdayakan oleh sistem PV meliputi komunikasi (baik di bumi maupun di ruang), daya jarak jauh, pemantauan jarak jauh, penerangan, pemompaan air, dan pengisian baterai. Kapasitas terpasang global *photovoltaic* pada akhir tahun 2002 mendekati 2 GWp [16]. Berikut adalah diagram kerja *solar cell* pada gambar 2.3




Gambar 2.4 Diagram Prinsip Kerja *Solar Cell* [17].



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan untuk memperkirakan kebutuhan daya panel surya dengan persamaan 2.1 sebagai berikut [16]:

$$Ppv = \frac{E}{PSH} \tag{2.1}$$

Keterangan:

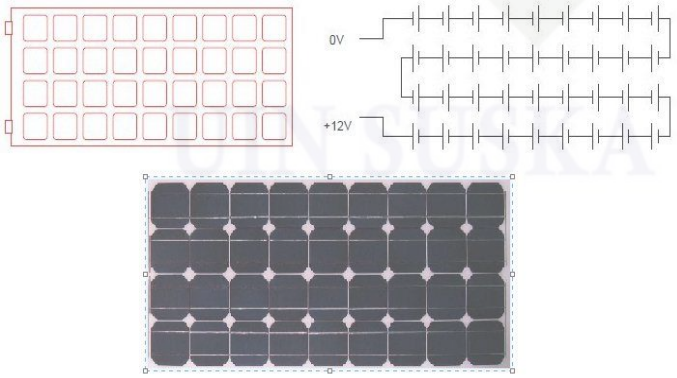
Ppv : Daya panel surya.

E : Total daya yang dihasilkan.

PSH : Lamanya radiasi puncak dalam sehari.

Sel surya dapat dianalogikan sebagai *devais* dengan dua terminal atau sambungan, di mana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti diode, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. mekanisme konversi energi ini menggunakan tiga fenomena fisik yang saling terkait antara lain: Penyerapan cahaya ke dalam material, transfer energi foton ke dalam muatan listrik dan pengumpulan arus. Dengan demikian jelas bahwa bahan PV harus memiliki sifat optik dan listrik khusus untuk memungkinkan konversi PV [18].

Ketika di sinari pada umumnya satu sel surya menghasilkan tegangan DC sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus *Short - circuit* dalam skala *Mill ampere* per $cm^2$. Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan yang ada sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya, satu modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan DC sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar. Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus *output* nya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu. Gambar 2.4 di bawah menunjukkan ilustrasi dari modul surya.




Gambar 2.5 Modul sel surya [17].



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Sel surya merupakan divais yang dapat mengkonversi secara langsung energi cahaya menjadi energi listrik, tanpa menghasilkan limbah atau residu yang dapat menimbulkan polusi, sehingga sel surya ini benar-benar merupakan sumber energi yang bersih. Agar sumber energi ini dapat lebih kompetitif dengan sumber energi lain, maka perlu terus diupayakan peningkatan efisiensinya. Salah satu besaran yang menjadi parameter unjuk kerja sel surya adalah faktor pengisian (fill faktor = FF). Fill faktor sel surya merupakan besaran tak berdimensi yang menyatakan perbandingan daya maksimum yang dihasilkan sel surya terhadap perkalian antara Voc dan Isc [16]. menurut persamaan berikut:

$$FF = \frac{V_m \, I_m}{V_{oc} \, I_{sc}} \tag{2.2}$$

Keterangan:

$V_m$ : Tegangan pada titik kerja maksimum
$I_m$ : Arus pada titik kerja maksimum
$V_{oc}$ : Tegangan rangkaian terbuka (*open circuit voltage*)
$I_{sc}$ : Arus hubung singkat (*short circuit current*)

Semakin besar harga FF suatu sel surya, maka unjuk kerja sel surya tersebut semakin baik, dan akan memiliki efisiensi konversi energi yang semakin tinggi. Berdasarkan persamaan (1) besarnya FF sangat tergantung pada nilai dari perkalian Voc dan Isc. Akan tetapi harga Voc dan Isc ini berhubungan erat dengan besarnya celah pita energi (Eg) material semikonduktor pembuatnya. Untuk suatu jenis material semikonduktor, terjadi keterbalikan harga Voc dan Isc ini [16].

Material semikonduktor yang memiliki Eg besar akan memiliki harga Voc besar tetapi harga Isc nya kecil, dan sebaliknya. Adanya keterbalikan harga Voc dan Isc ini menyebabkan sulitnya memprediksi material manakah yang akan menghasilkan harga FF yang besar, apakah material yang memiliki Eg besar ataukah yang kecil. Oleh karena itu perlu dilakukan pengkajian secara seksama untuk mendapatkan gambaran setara grafis dari kebergantungan harga FF terhadap besarnya Eg material semikonduktor [19].

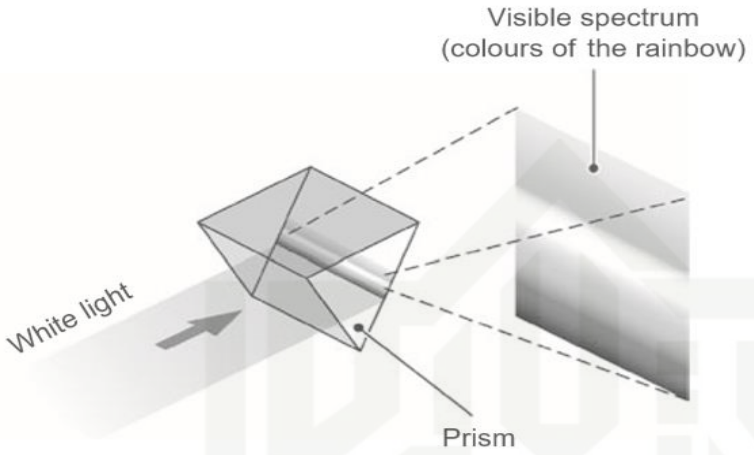
### 2.3.1 Energi cahaya matahari

Fenomena cahaya dalam ilmu fisika yang perlu di ingat adalah konstanta kecepatan cahaya, tidak ada yang dapat menyamai atau bahkan melampaui kecepatan dari kecepatan cahaya. Dan berdasarkan aksioma *Einstein* mendasarkan teori relativitas terkenal, di menemukan bahwa materi (m) adalah energi (E) dan sebaliknya, seperti formula terkenal



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

dari Einstein adalah E= $mc^2$. Dalam ruang hampa kecepatan cahaya c adalah 299.792.458 $m/s$ yang berarti cahaya dapat melakukan perjalanan dari bumi ke bulan hanya dalam satu detik. Cahaya tampak di mata kita seperti sinar yang bergerak dalam garis lurus. Sumber cahaya yang paling kuat adalah matahari [18].




Gambar 2.6 Distribusi panjang gelombang elektromagnetik [18].

Tabel 2.1 Distribusi panjang gelombang elektromagnetik [18]

| | *Panjang gelombang* | frequency | *Contoh penggunaan* |
|---|---|---|---|
| *Sinar Gamma* | <0.01 nm | | |
| *Sinar X* | 0.01-10 nm | | Radiografi |
| *Ultraviolet* | 10-400 nm | | Berjemur, pemurnian air |
| *Visible Fotosintetis* | 400-800 nm | | cahaya siang hari |
| *Sinar* infrared | 800 nm-10 nm | | cahaya malam hari |
| *Thermal infrared* | 10 $\mu m$-1 mm | | Pemanasan, memasak |
| *Gelombang mikro* | 1 mm-10 cm | | *oven microwave* |
| *Gelombang radar* | 10 cm-1 m | 3 GHz-300 MHZ | ponsel, dektetor kecepatan |
| *Gelombang radio* | >1 m | <300 MHz | Radio, TV, telekomunikasi |

PV secara definisi di disain dan dikembangkan guna mengubah energi cahaya matahari, melalui yang dinamakan efek *Photovoltaic* yang berasal dari kata Yunani yaitu *Photos* yang berarti cahaya dan Volt di ambil dari Nama fisikawan yang menemukan baterai listrik 1800. Namun pada tahun 1839 ada seorang ilmuwan Prancis bernama *Antonio Becquerel* yang pertama kali menunjukkan konversi energi melalui variasi dari bahan



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

konduktivitas di bawah pengaruh cahaya. Resistor cahaya pertama kali digunakan dalam kamera untuk mengukur tingkatan cahaya, ini adalah resistor yang nilainya tergantung pada *fluks* cahaya yang diterima, dan kemudian sel aktif yang menghasilkan arus listrik. Indonesia merupakan daerah yang memiliki rata – rata radiasi yaitu 4,82 kWh/m/hari. Maka didapat jam ekuivalen nya yaitu 4,8 rata-rata maksimal radiasi matahari perharinya [18]. Untuk mengetahui rata-rata energi konstan dari radiasi matahari dapat di tunjukan pada persamaan statistik berikut:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \tag{2.3}$$

Keterangan:

$\bar{x}$ : Rata-rata hitung

$x_i$ : Nilai sampel ke=$i$

$n$ : Jumlah sampel

### 2.3.2 Penyerapan Cahaya

Cahaya terdiri dari foton atau partikel cahaya dan masing-masing membawa energi tergantung pada panjang gelombang (atau warna). Mekanika penyerapan cahaya menggunakan tiga fenomena fisik antara lain:

1. Penyerapan cahaya ke dalam material
2. Transfer energi foton ke dalam muatan listrik dan
3. Koleksi saat ini.

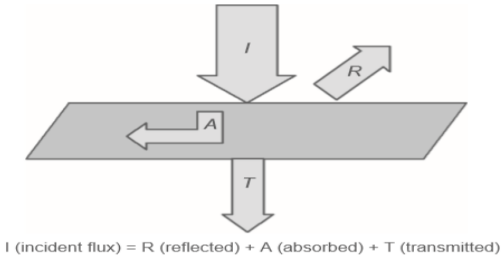
Dengan demikian jelas bahwa bahan PV untuk dapat menyerap cahaya matahari harus memiliki optik dan properti listrik tertentu. Pada umumnya sinar menerpa benda padat dapat mengalami tiga peristiwa optik antara lain:

1. Refleksi: cahaya memantul dari permukaan ke objek
2. Transmisi: cahaya melewati objek
3. Penyerapan: cahaya menembus objek dan tetap di dalamnya dan energi dikonversi ke bentuk lain.

Sifat optik dari material yang terkena oleh sinar cahaya mengatur intensitas dan panjang gelombang.



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU




Gambar 2.7 Refleksi, transmisi dan penyerapan [18].

Silikon sel surya adalah diode yang dibentuk dengan mengubah tipe-p dan n, cahaya yang menyinari sel surya langsung di respons oleh masing-masing foton cahaya dengan menyerapnya dan menghasilkan pasangan lubang elektron [18].

## 2.4 Generator *Thermoelectric*

Teknologi *thermoelectric* bekerja dengan mengonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator *thermoelectric*), atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin *thermoelectric*). Untuk menghasilkan listrik, material *thermoelectric* cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Dari rangkaian itu akan dihasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai. Kerja pendingin *thermoelectric* pun tidak jauh berbeda jika material *thermoelectric* dialiri listrik, panas yang ada di sekitarnya akan terserap. Dengan demikian untuk mendinginkan udara, tidak diperlukan kompresor pendingin seperti halnya di mesin-mesin pendingin konvensional.

Untuk keperluan pembangkitan listrik tersebut umumnya bahan yang digunakan adalah bahan semikonduktor. Semikonduktor adalah bahan yang mampu menghantarkan arus listrik namun tidak sempurna. Semikonduktor yang digunakan adalah semikonduktor tipe n dan tipe p. [20]. Pada dasarnya generator *thermoelectric* dibagi berdasarkan tiga komponen dasar yaitu:

1. Struktur penopang. Yaitu bagi sebagian peneliti, tempat di mana modul *thermoelectric* di letakkan di dalam aliran gas buang dan beberapa dengan hanya memanfaatkan panas dinding saluran gas buang untuk menghindari adanya *back perssure* aliran gas buang.
2. Modul *thermoelectric*. Yang tergantung pada jangkauan suhu, material *thermoelectric* yang dapat digunakan berupa bahan silikon germanium, Led *telluride*, dan juga bismut *telluride.*



UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

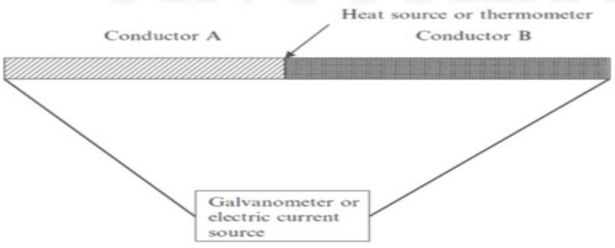
3. Sistem dispasi panas, yang mengatur transmisi panas melalui modul *thermoelectric* [21].

## 2.5 Efek *Thermoelectric*

Selama abad ke 19, beberapa fenomena menghubungkan termal transportasi energi dan arus listrik dalam benda padat di temukan dengan rentang waktu selama 30 tahun mulai, dari 1821 hingga 1851. Fenomena ini secara kolektif dikenal sebagai efek *thermoelectric* [22]. Efek termoelektris secara langsung untuk mengubah panas menjadi listrik atau sebaliknya, berdasarkan pembawa muatan foton yang mengalirkan arus listrik dalam padattan. 1-8 ketika gradien suhu diberlakukan pada solid, potensi listrik dibuat karena terdistribusi muatan pembawa dalam materi. Fenomena ini biasa disebut *efek seebeck*, dan fenomena terbalik lainnya di mana perbedaan suhu ini digunakan untuk membangkitkan arus listrik melalui pendinginan atau pemanasan di kedua sisinya, fenomena ini disebut efek peltier [23].

### 2.5.1 Efek *Seebeck.*

Efek *seebeck* adalah perangkat generator listrik yang mengkonversi energi panas langsung menjadi energi listrik dengan menggunakan perbedaan temperatur, Efek *seebeck* pertama kali ditemukan pada tahun 1821 oleh T. J. Seebeck. Ia menunjukkan bahwa gaya gerak listrik (GGL) dapat dihasilkan, dengan memanaskan titik sambungan antara dua penghantar listrik yang berbeda. Efek *Seebeck* dapat didemonstrasikan dengan membuat sambungan antara dua kawat dari jenis logam yang berbeda (misalnya, tembaga dan besi). Ujung kawat lainnya dihubungkan ke *galvanometer* atau voltmeter yang sensitif. Jika sambungan antara kawat dipanaskan, maka alat ukur akan membaca adanya sejumlah kecil tegangan. Susunan demonstrasi ini ditunjukkan pada gambar 2.7, dua kawat dapat dikatakan membentuk sebuah *thermokopel*. Didapati juga bahwa besar tegangan termoelektris sebanding dengan perbedaan suhu antara titik sambungan *thermokopel* dan koneksinya pada alat ukur [24].




Gambar 2.8 Efek *Seebeck* dan *Peltier* [24].



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Pada percobaan T. J. Seebeck tidak menyadari adanya arus listrik yang terlihat maka dia menyebutnya dengan efek *thermomagnetic* dan fisikawan Denmark, Hans Christian Orsted, memperbaiki kesalahan dan menciptakan istilah *thermoelectric*. Untuk mengetahui perbedaan temperatur dapat di lihat pada persamaan di bawah ini:

$$\Delta T = T_h - T_c \tag{2.4}$$

Keterangan:

$\Delta T$ : Beda temperatur

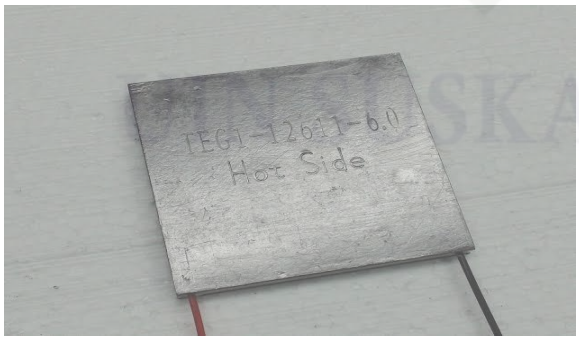
$T_h$ : koefisien panas

$T_c$ : Koefisien dingin

Tiga belas tahun setelah T. J. Seebeck melakukan penelitiannya, J. Peltier seorang yang juga pembuat jam tangan, dan merupakan peneliti efek *thermoelectric* yang kedua. Ia mendapati di mana arus listrik yang melalui suatu *thermokopel* menghasilkan efek pemanasan atau pendinginan bergantung pada arah aliran arus listrik, disebut Efek *Peltier* [24].

### 2.5.2 Efek *Peltier*

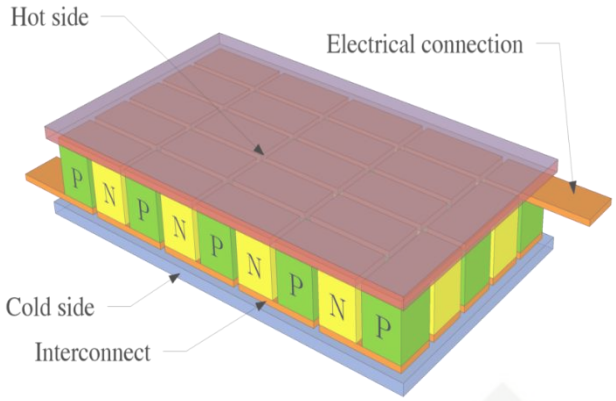
Elemen peltier atau pendingin termoelektris (*thermoelectric cooler*) adalah alat yang dapat menimbulkan perbedaan suhu antara kedua sisinya jika dialiri arus listrik searah pada kedua kutub materialnya, dalam hal ini semikonduktor. Pada gambar 2.8 di tunjukan dalam bentuk fisik elemen *peltier*. Dalam hal refrigerasi, keuntungan utama dari elemen *peltier* adalah tidak adanya bagian yang bergerak atau cairan yang bersirkulasi, dan ukurannya kecil serta bentuknya mudah direkayasa. Sedangkan kekurangannya terletak pada faktor efisiensi daya yang rendah dan biaya perancangan sistem yang masih relatif mahal. Namun, kini banyak peneliti yang sedang mencoba mengembangkan elemen *peltier* yang murah dan efisien [24].




Gambar 2.9 Elemen *thermoelectric generator* [24].



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau




Gambar 2.10 Struktur Elemen *Peltier* [24]

Gambar 2.9 menunjukkan elemen *peltier* tersusun atas serangkaian dua tipe semikonduktor (tipe-p dan tipe-n) yang dihubungkan secara seri. Pada setiap sambungan antara dua tipe semikonduktor tersebut dihubungkan dengan konduktor yang terbuat dari tembaga. Interkoneksi konduktor tersebut di letakan masing-masing di bagian atas dan di bagian bawah semikonduktor. Konduktor bagian atas ditujukan untuk membuang kalor dan konduktor bagian bawah ditujukan untuk menyerap kalor. Pada kedua bagian interkoneksi ditempelkan pelat yang terbuat dari keramik.

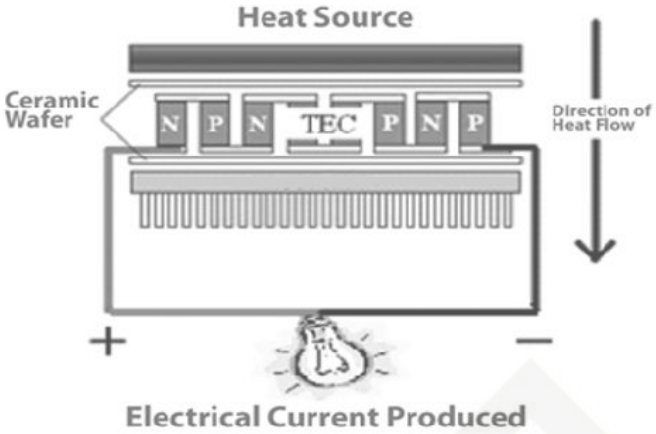
Koefisien *Peltier* (Π) bermacam-macam jenisnya tergantung pada komposisi dan temperatur bahan silikon tipe-p, biasanya mempunyai koefisien *Peltier* di bawah 550 K, koefisien tipe-n biasanya negatif [24].

## 2.6 Prinsip kerja generator *Thermoelectric*

Pembangkit *thermoelectric* (TEG) adalah suatu pembangkit listrik yang didasarkan pada efek Seebeck, yang pertama kali ditemukan tahun 1821 oleh Thomas Johann Seebeck. Thomas Johan Seebeck menghubungkan tembaga dan besi dalam sebuah rangkaian. Di antara kedua logam tersebut lalu diletakkan jarum kompas. Ketika sisi logam tersebut dipanaskan, jarum kompas ternyata bergerak. Hal ini terjadi oleh karena aliran listrik yang terjadi pada logam menimbulkan medan magnet. Medan magnet inilah yang menggerakkan jarum kompas tersebut. Fenomena tersebut kemudian dikenal dengan efek *Seebeck* [25].



UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.




Gambar 2.12 Struktur Pembangkit Daya *thermoelectric* [25].

Gambar 2.11 di atas menunjukkan struktur TEG yang terdiri dari suatu susunan elemen tipe-n (material dengan kelebihan elektron) dan tipe-p (material dengan kekurangan elektron). Panas masuk pada satu sisi dan dibuang dari sisi yang lainnya, menghasilkan suatu tegangan yang melewati sambungan *thermoelectric*. Besarnya tegangan yang dihasilkan sebanding dengan gradien temperatur, modul termoelektrik adalah sirkuit terintergrasi dalam bentuk solid yang menggunakan tiga prinsip termodinamika yang dikenal sebagai efek *Seebeck*, Peltier dan Thompson. Konstruksinya terdiri dari pasangan material semikonduktor tipe-p dan tipe-n yang membentuk termokopel yang memiliki bentuk seperti *sandwich* antar dua wafer keramik tipis. Modul ini dapat digunakan untuk menghasilkan panas dan dingin di masing-masing sisinya jika arus listrik digunakan biasanya di aplikasikan sebagai sistem pendingin misalnya kotak pendingin vaksin atau untuk menghasilkan listrik ketika panas dan dingin digunakan sebagai perbedaan temperaturnya [26].

*Heatsink* digunakan untuk membantu meningkatkan pelepasan kalor pada sisi dingin sehingga meningkatkan efisiensi dari modul tersebut. Potensi pembangkitan daya dari modul thermoelectric tunggal akan berbeda-beda bergantung pada ukuran, konstruksi dan perbedaan temperaturnya. Perbedaan temperatur yang makin besar antara sisi panas dan sisi dingin modul akan menghasilkan tegangan dan arus yang lebih besar. Modul-modul *thermoelectric* dapat juga disambungkan bersama baik secara seri ataupun paralel seperti baterai untuk menghasilkan tegangan atau arus listrik. Tiap modul mampu menghasilkan tegangan rata-rata 1-2V DC dan bahkan sampai 5V DC bergantung pada variasi delta temperaturnya, tetapi umumnya satu modul *thermoelectric* menghasilkan 1,5-2V DC [27].



UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 2.6.1 Sistem Konversi Energi Panas Dengan *Thermoelectric Generator*

Panas atau kalor mengalir dengan sendirinya dari suatu benda yang temperaturnya lebih tinggi ke benda lain dengan temperatur yang lebih rendah. Perpindahan kalor dari suatu zat ke zat yang lain sering kali terjadi dalam proses industri. Pada proses pekerjaan di industri memerlukan sebuah input atau output kalor untuk mencapai dan mempertahankan suatu keadaan yang di perlukan ketika proses panas berlangsung. Perpindahan kalor dapat di definisikan sebagai perpindahan energi akibat adanya perbedaan suhu pada satu permukaan dengan lingkungan sekitarnya. Perpindahan kalor terjadi dengan tiga cara yaitu: secara induksi, konveksi, dan radiasi [28].

Elemen *peltier* merupakan bagian terpenting dari *thermoelectric generator*, pada kedua kedua sisi nya terbuat dari keramik yang memiliki fungsi sebagai sisi panas dan sisi dingin yang kemudian menghasilkan arus positif dan negatif. Jika nilai tegangan (V) dan arus (I) telah didapatkan, besar daya *peltier* dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$P = I \times V \tag{2.5}$$

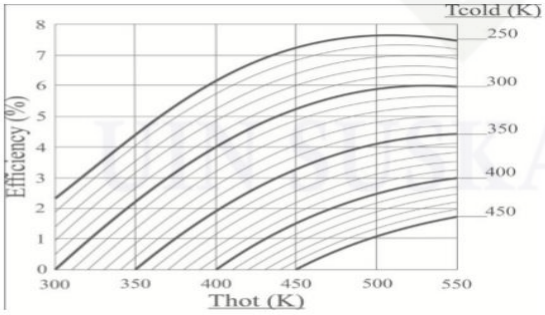
Keterangan:

P : Daya (Watt)

I : Arus (Amper)

V : Tegangan (Volt)

Sedangkan menurut penelitian yang dilakukan oleh J. Richard Bust and Paul G. Lau. Parameter tegangan (V Max), arus I Max yang diperoleh dari pembacaan grafik jika nilai $\Delta T$ telah diketahui. Sehingga di dapat besar daya (P) dapat ditentukan [29]. Berikut adalah gambar grafik efisiensi *peltiert*.




Grafik 2.1 Efisiensi maksimal peltier [29].

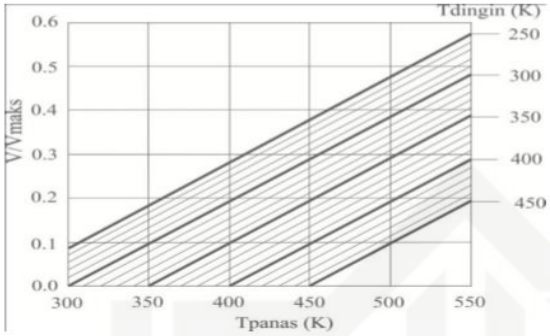
Dapat dilihat pada grafik di atas merupakan nilai efisiensi dari sebuah *peltier* yang di dapat dengan memasukan nilai temperatur pada konduksi kalor dan temperatur yang lebih



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

dingin. Dan juga dapat ditentukan melalui nilai arus (I), tegangan (V), dan banyaknya nilai kalor yang masuk ($Q$hot) [29].

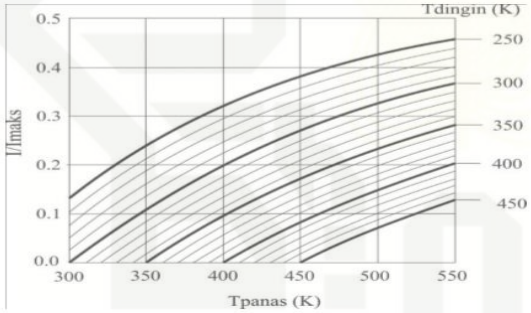
Di bawah ini adalah grafik hubungan antara suhu dan tegangan:




Grafik 2.2 Hubungan suhu dengan V (tegangan) [29]

Dapat dilihat pada grafik di atas menunjukkan hubungan antara perbedaan suhu dengan besar nilai tegangan

Berikut adalah grafik antara suhu dan arus:




Grafik 2.3 Grafik hubungan suhu dengan I (arus) [29].

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara perbedaan suhu dengan besar nilai (Arus) [29].

## 2.7 Teori Perpindahan Panas (kalor)

Perpindahan kalor merupakan proses di mana energi dalam bentuk panas dihantarkan di antara benda-benda atau bagian dari benda yang sama karena adanya perbedaan temperatur. Kalor akan mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya rendah. Dalam zat yang tidak bergerak misalnya padattan, panas berpindah hanya secara konduksi, panas berpindah karena getaran molekul dari satu molekul ke molekul yang lain



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

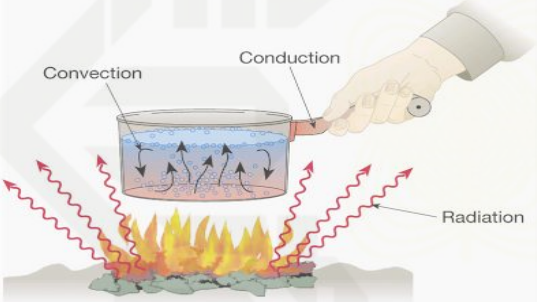
[30]. Energi dikenal dalam berbagai bentuk, beberapa di antaranya yang dijumpai dalam bidang teknik ialah:

1. Energi Dalam
2. Energi Mekanis
3. Energi Kinetik
4. Energi Kalor
5. Energi Potensial

Ada tiga cara perpindahan kalor, yang mekanismenya sama sekali berlainan, yaitu:

1. Secara molekul disebut Konduksi (Hantaran).
2. Secara aliran disebut Konveksi (Aliran).
3. Secara gelombang elektromagnetik disebut Radiasi (Pancaran).

Pada gambar 2.15 di bawah ini menunjukkan bagaimana cara perpindahan kalor (panas) itu terjadi




Gambar 2.13 Tiga cara perpindahan kalor [30]

### 2.7.1 Perpindahan Panas Secara Konduksi

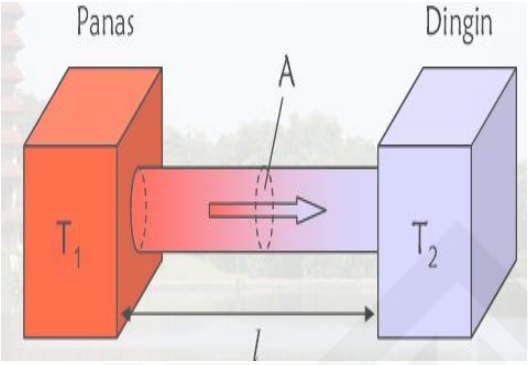
Konduksi adalah proses perpindahan panas yang mengalir dari benda yang bertemperatur lebih tinggi ke benda yang bertemperatur lebih rendah melalui media yang diam sebagai benda penghubung. Besar kecil perpindahan panas ditentukan oleh karakteristik zat dan benda yang dilalui panas pada waktu perpindahan dari satu benda ke benda lain [31]. Dalam aliran panas konduksi perpindahan energi terjadi karena hubungan molekul secara langsung tapa adanya perpindahan molekul yang cukup besar [29].

Laju perpindahan panas akibat gerakan mikroskopis, dalam gas proses transfer kalor memiliki energi yang lebih tinggi, sebagai molekul-molekul gas secara acak bergerak melalui volume gas terdapat transfer energi bersih dari bagian suhu tinggi ke zona suhu



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
©Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

rendah. Dalam padattan proses transfer kalor dari suhu tinggi ke suhu rendah di sebabkan oleh migrasi elektron atau getaran ikatan molekul [32]




Gambar 2.14 Perpindahan Panas Konduksi [31].

Laju perpindahan panas konduksi jika dimasukkan konstanta proporsionalitas atau tetapan kesebandingan, maka:

Tanda ( - ) menunjukkan kenyataan bahwa kalor mengalir ke tempat yang lebih rendah dalam suatu skala suhu. Nilai angka konduktivitas termal menunjukkan seberapa cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu. Konduktivitas termal k adalah sifat bahan dan menunjukkan jumlah panas yang mengalir melintas satuan luas jika gradien suhunya satu. Jadi bahan yang mempunyai konduktivitas termalnya rendah disebut isolator (insulator). Logam (tembaga) biasanya merupakan konduktor panas yang baik. Hal ini disebabkan adanya logam kimia yang lebih kuat dari ikatan kovalen dan ikatan ionik serta memiliki elektron bebas dan berasal dari struktur Kristal, sedangkan fluida (cairan dan gas) merupakan konduktor yang buruk. Hal ini disebabkan karena jarak antara atom pada gas sangat jarang sehingga dengan adanya tumbukan beberapa atom dapat menurunkan konduksi dan intensitas fluida menurun jika konduksi terjadi [28].

Tabel 2.2 Konduktivitas *Thermal* Berbagai Bahan [32]

| | **Konduktivitas Thermal ( k )** |
|---|---|
| **Bahan** | **W/m. ℃** |
| **Logam** | |
| Perak (murni) | 410 |
| Tembaga (murni) | 385 |
| Alumunium (murni) | 202 |
| Nikel (murni) | 93 |
| Besi (murni) | 73 |
| Baja karbon, 1% C | 43 |

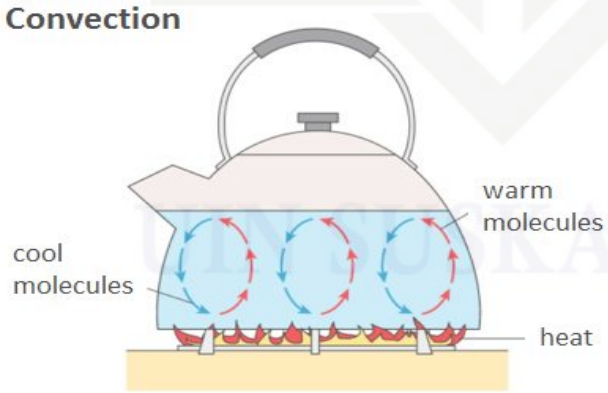


UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

| | |
|---|---|
| Timbal (murni) | 35 |
| Baja krom-nikel (18% Cr, 8% Ni ) | 16.5 |
| **Bukan Logam** | |
| Kuarsa( sejajar sumbu) | 41.6 |
| Magnesit | 4.16 |
| Marmer | 2.08-2.94 |
| Batu pasir | 1.83 |
| Kaca jendela | 0.78 |
| Kayu Male | 0.17 |
| Serbuk gergaji | 0.059 |
| Wol kaca | 0.038 |
| **Zat cair** | |
| Air raksa | 8.21 |
| Air | 0.556 |
| Amonia | 0.54 |
| Minyak lumas, SAE 50 | 0.147 |
| Freon 12, CC12F2 | 0.0073 |
| **Gas** | |
| Hidrogen | 0.175 |
| Helium | 0.141 |
| Udara | 0.024 |
| Uap air | 0.0206 |
| Karbon dioksida | 0.0146 |

### 2.7.2 Perpindahan Panas Secara Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi terjadi karena adanya transfer energi dalam bentuk kalor antara suatu permukaan dan fluida yang bergerak di atasnya. Transfer energi terjadi karena adanya gerakan molekul secara acak (random) atau karena adanya gerakan fluida [28].




Gambar 2.15 Perpindahan Panas Konveksi [31]



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Pada persamaan 2.13 mendefinisikan tahanan panas terhadap konveksi. Koefisien pindah panas permukaan h, bukanlah suatu sifat zat, akan tetapi menyatakan besarnya laju pindah panas di daerah dekat pada permukaan itu. Dalam perpindahan panas secara konveksi [32].

### 2.7.3 Perpindahan Panas Radiasi

Radiasi adalah proses perpindahan panas dari benda bertemperatur tinggi ke benda bertemperatur rendah di mana tidak diperlukan zat atau benda penghubung sebagai media, serta panas memancar dengan cara radiasi gelombang elektromagnetik [31]. Pada proses radiasi, energi *thermal* di ubah menjadi energi radiasi. Energi ini termuat dalam gelombang elektromagnetik, saat gelombang elektromagnetik tersebut berinteraksi dengan materi energi radiasi berubah menjadi energi *thermal*.

Gambar 2.16 Perpindahan Panas Radiasi [31]

Adapun yang dimaksud dengan perpindahan panas radiasi (pancaran) adalah perpindahan panas melalui gelombang dari suatu zat ke zat yang lain. Semua benda memancarkan panas, pada hakikatnya proses perpindahan panas secara radiasi terjadi dengan perantaraan foton dan juga gelombang elektromagnetik. Semakin tinggi suhu bahan tersebut maka semakin tinggi pula energi panas yang disinarkan, bahan yang di anggap mempunyai ciri-ciri yang sempurna dalam proses radiasi adalah benda berunsur hitam. Pada perpindahan panas radiasi, di mana panas merambat secara lurus dan dalam perambatan panas tidak diperlukan medium [32].

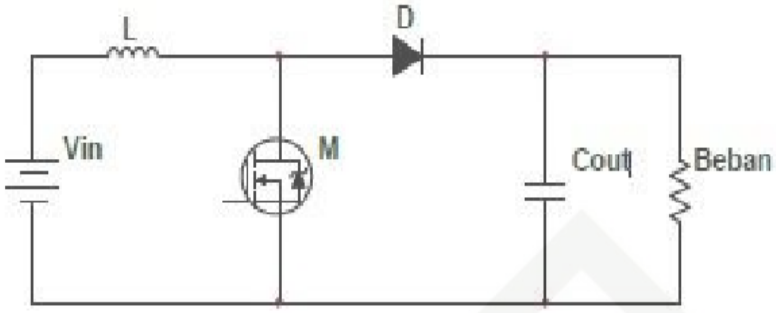
## 2.8 DC-DC Boost *Converter*

DC-DC *Converter* adalah suatu alat yang digunakan untuk mengkonversi suatu tegangan searah ke tegangan searah lainnya dengan nilai yang dapat ditingkatkan atau diturunkan. Cara pengolahan daya memiliki 2 tipe pengolahan, yaitu linier dan *switching*.



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Namun pengolahan dengan metode *switching* memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode linier sehingga hampir semua sistem catu daya bekerja dalam mode *switching* [6]. Contoh rangkaian dasar penaik tegangan di tunjukan pada gambar 2.19.




Gambar 2.17 Contoh rangkaian dasar DC-DC *Step up converter* [6].

Perkembangan teknologi komponen dan rangkaian elektronika telah mampu menghasilkan sistem penyedia daya tegangan searah (*Direct Current/DC*), yang dihasilkan melalui konversi tegangan DC masukan ke bentuk tegangan DC keluaran yang lebih tinggi atau lebih rendah. Konversi tegangan DC ini biasa disebut sebagai *DC-DC converter* [36]. *DC-DC converter* merupakan salah satu jenis rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengkonversi tegangan masukan searah konstan menjadi tegangan keluaran searah yang dapat divariasikan dengan mengatur rangkaian kontrolnya.

*DC chopper* terdiri dari beberapa konfigurasi yang sering digunakan yaitu *buck, boost, buck boost* dan Cook *DC Chopper* mempunyai 2 mode operasi kerja, yaitu mode DCM (*Discontinuous Conduction Mode)* dan mode CCM (*Continuous Conduction Mode*). Mode DCM adalah mode di mana arus pada konverter mencapai nilai nol, atau tidak continue. Sedangkan mode CCM adalah mode operasi di mana arus pada konverter mengalir secara kontinu, dalam arti tidak pernah mencapai nilai no [34]. Pada gambar 2.20 di bawah ini merupakan contoh dari *DC-DC converter*.

Gambar 2.18 Modul ICXL6009E1 *DC-DC step up converter* [6].



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Modul IC XL6009E1 adalah salah satu *switching regulator* yang termasuk jenis operasi boost konverter, yaitu memberikan tegangan output yang lebih tinggi dari input. Dengan jumlah komponen eksternal yang minimum, pemakaian menjadi lebih mudah dan hemat biaya. regulator jenis ini memiliki jangkauan tegangan input yang besar dan tegangan output dapat disesuaikan [6].

## 2.9 Baterai

Baterai atau akumulator adalah sebuah sel listrik di mana di dalamnya berlangsung proses elektro kimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektro kimia *reversibele* adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektrode - elektrode yang dipakai yaitu, dengan melewatkan arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan di dalam sel. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia [35]. Terdapat 2 jenis baterai berdasarkan pada proses yang terjadi, yaitu:

1. *Primary battery* Baterai yang hanya dapat digunakan sekali saja dan dibuang. Material elektrode nya tidak dapat berkebalikan arah ketika dilepaskan.
2. *Secondary battery* Baterai yang dapat digunakan dan diisi ulang beberapa kali, proses kimia yang terjadi di dalam baterai ada reversibel, dan bahan aktif dapat kembali ke kondisi semula dengan pengisian sel. Baterai sekunder sendiri terdapat banyak jenisnya di pasaran, antara lain: Baterai ion litium (Li-ion atau LIB), Baterai *Lithium Polymer* (Li-Po), Baterai *Lead Acid* (Accu), Baterai *Nickel*-Metal *Hydride* (Ni-MH) [36].

Namun penulis di sini memakai baterai jenis Baterai ion litium (Li-ion atau LIB) di karenakan menurut Albright, (2012) dalam penelitiannya mengenai perbandingan antara Lead Acid dan *Lithium-Ion* dalam aplikasi penyimpanan stasionari menyebutkan bahwa pada saat ini baterai *Lithium-Ion* merupakan baterai yang lebih baik untuk digunakan dalam berbagai situasi, khususnya pada iklim panas selain itu, baterai Lithium-Ion memiliki efisiensi yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan baterai Lead Acid [37]. Menurut Suppo, (2014) dalam jurnalnya mengenai perbandingan antara baterai Lithium Ion dengan Baterai *Nickel-Metal Hydrade* menjelaskan bahwa baterai Li-on merupakan pilihan terbaik apabila dilihat dari segi massa baterai karena memiliki massa yang ringan [38].



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Gambar 2.19 baterai *Lithium* ion 18650 [39].

Table 2.3 Spesifikasi Baterai Lithium ion 18650 [39]

| **Barang** | **Spesifikasi** |
|---|---|
| Jenis baterai | IMR18650-1500mAh 3.7V Baterai *Lithium* |
| Kapasitas | 3000mAh |
| Tegangan normal | 5.0 Volt |

Dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan untuk menghitung besarnya kapasitas baterai yang dibutuhkan dengan persamaan 2.2 sebagai berikut[39]:

$$I = \frac{P}{V} \tag{2.6}$$

Di mana:

I = arus pada baterai

P = daya total energi.

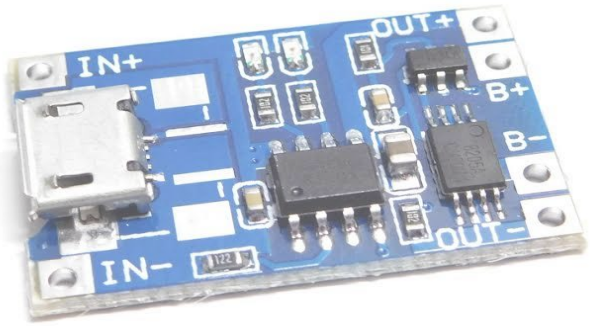
V = tegangan pada baterai

## 2.10 Modul TP4056 *Lithium Battery Charger*

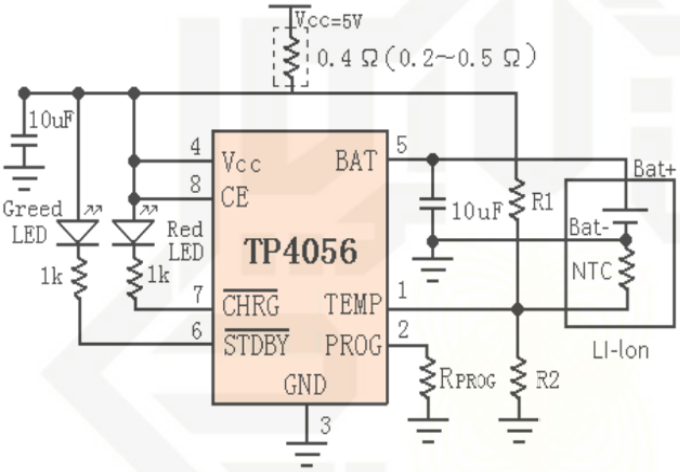
TP4056 merupakan IC pengontrol pengisian *Lithium Battery* dengan jenis sel tunggal. TP4056 ini mendapat Input dengan rentang 0,3V- 8V DC, sehingga dapat disuplai dengan Input dari USB Komputer 5V DC. Kapasitas Arus pengisian dapat diatur dengan mengubah nilai *Rprog* pada rangkaian tersebut. Terdapat fungsi Auto *Cut* off apabila pengisian sudah penuh dengan ditandai LED Indikator [40]. Adapun spesifikasi TP4056 Lithium Battery *Charger* adalah sebagai berikut:



UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.




Gambar 2.20 Modul TP4056 [40]




Gambar 2.21 Rangkaian TP4056 [40]

Keterangan pin TP4056 adalah sebagai berikut [40]:

1. TEMP. Adalah pin yang berfungsi sebagai Temperatur Sensor yang dihubungkan NTC pada *Litium Battery*.
2. PROG. Berfungsi sebagai pin yang dihubungkan dengan Rprog untuk mengatur kapasitas Arus pengisian Baterai.
3. GND. Sebagai pin *Ground*.
4. VCC. Berfungsi sebagai pin sumber Catu Daya, dihubungkan dengan sumber Catu Daya USB Komputer.
5. BAT. Dihubungkan dengan pin polaritas positif (+) pada Baterai.
6. STDBY. Berfungsi sebagai pin indikator Stand By LED
7. CHRG. Berfungsi sebagai pin indikator *Charge* LEDCE (*Chip Enable*).
8. Berfungsi sebagai pin untuk mengaktifkan rangkaian TP405



UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

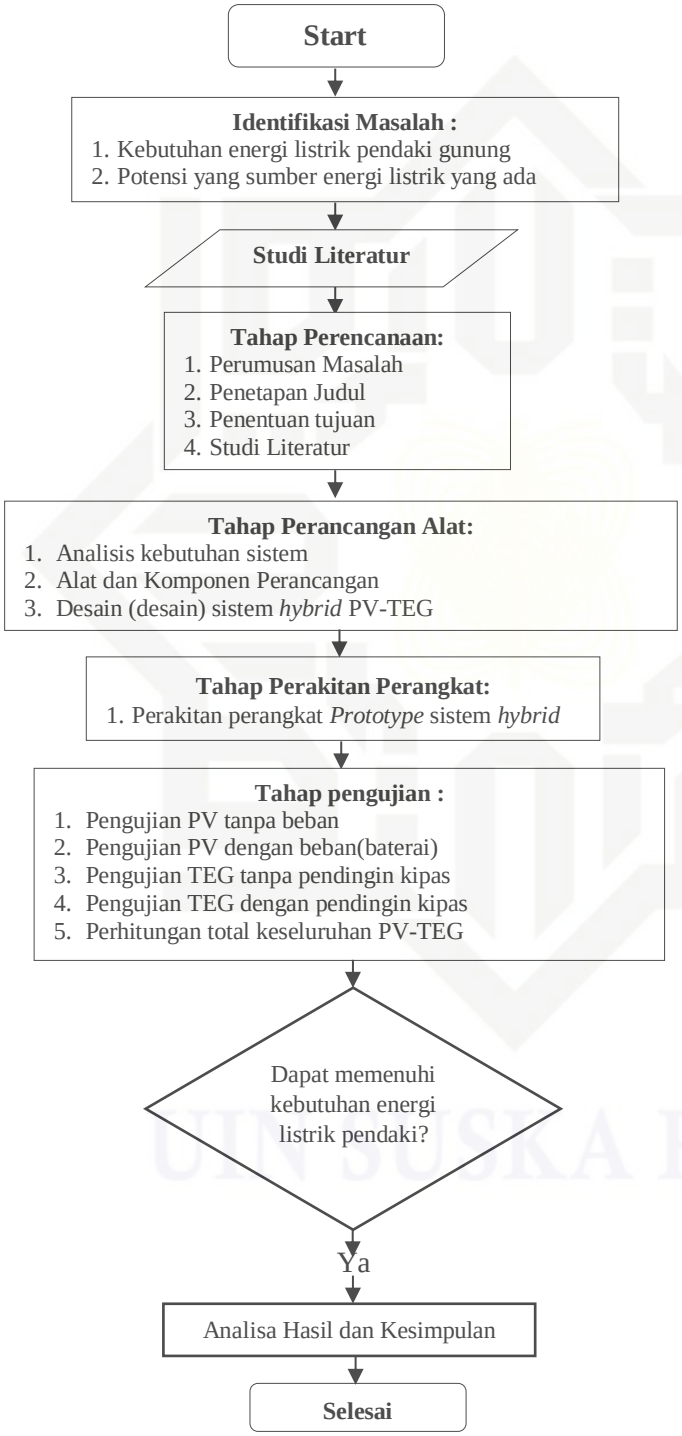
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

# BAB III

# METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1 Prosedur Alur Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa tahapan langkah-langkah yang peneliti lakukan mulai dari proses perancangan alat hingga hasil akhir dalam penelitian tugas akhir ini. Adapun tahapan yang peneliti lakukan sebagai berikut:




Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

## 3.2 Tahap Perencanaan

Sebelum memulai penelitian dibutuhkan sebuah perencanaan yang matang agar penelitian tersebut lebih mudah untuk dikerjakan. Perencanaan dalam penelitian ini meliputi perumusan masalah, penetapan judul, data sampai dengan tujuan ingin di capai dari sebuah penelitian yang dilakukan, dan terdapat beberapa tahapan perencanaan yang harus di lakukan yaitu:

1. Perumusan Masalah

Memanfaatkan dengan baik, limbah panas dari proses memasak disebuah kompor yang terbuang dan cahaya matahari yang sangat melimpah, untuk memenuhi kebutuhan energi listrik bagi para pelaku kegiatan pendaki gunung dan wisata di alam bebas, menggunakan teknologi *hybrid solar cell* dengan *thermoelectric generator*.

2. Penetapan Judul

Setelah melakukan pengamatan pada objek penelitian, maka penulis menentukan judul penelitian sesuai dengan masalah yang akan diteliti. Dan pada akhirnya penulis mengangkat dengan judul rancang bangun kompor gunung sebagai sumber energi listrik alternatif menggunakan sistem *hybrid thermoelectric generator* dengan panel sel surya mini**.**

3. Penentuan Tujuan

Penentuan tujuan dilakukan agar dapat lebih memperjelas sasaran penelitian yang akan di lakukan. Adapun tujuan penelitian ini adalah membuat rancangan guna memanfaatkan sumber energi terbarukan yang sangat melimpah yakni energi matahari dan limbah panas yang terbuang dari kegiatan memasak dengan seefisien dan seefektif mungkin dari output yang dihasilkan agar dapat memenuhi energi listrik yang dibutuhkan oleh para pelaku yang gemar berwisata di alam bebas.

4. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mencari landasan referensi teori dan jurnal penelitian yang didapat dari buku, jurnal ilmiah maupun internet sesuai dengan masalah yang akan diselesaikan, sehingga menjadi referensi yang kuat bagi peneliti untuk melakukan penelitian.

## 3.3 Tahap Perancangan Alat

Perancangan dan desain alat pada percobaan ini dibuat sesuai dengan tujuan awal yaitu merancang sebuah perangkat *prototype*, sebagai sumber energi listrik alternatif menggunakan sistem *hybrid thermoelectric generator* dengan panel surya mini. yang dapat



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
©Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

memanfaatkan panas yang terbuang dari kompor gunung berbahan bakar gas portabel dan cahaya matahari, serta mengetahui daya output yang dihasilkan.

### 3.3.1 Analisis Kebutuhan Sistem

Untuk mempermudah perancangan dilakukan proses analisa atau penjabaran komponen-komponen yang dibutuhkan dalam mendukung proses kelancaran sistem. Untuk mempermudah menganalisis sebuah sistem dibutuhkan dua jenis kebutuhan. Kebutuhan fungsional dan kebutuhan non fungsional, kebutuhan fungsional adalah kebutuhan yang berisi proses-proses apa saja yang diperlukan oleh sistem, kemudian kebutuhan non fungsional yaitu komponen-komponen yang diperlukan oleh sistem sebagai berikut:

### 3.3.2 Analisis Profil Beban Energi Listrik

Untuk merancang sebuah alat yang akan di gunakan sebagai energi alternatif maka terlebih dahulu perlu adanya mengetahui profil beban energi listrik keseluruhan yang di butuhkan ketika di gunung atau sedang berkemah di alam bebas. Para pendaki gunung atau yang menggemari kegiatan di alam bebas umumnya membawa peralatan yang di perlukan salah satunya peralatan yang membutuhkan *supllay* energi listrik seperti senter, lampu lentera, *handphone* dan kamera.

Alat alat tersebut digunakan ketika mulai mendaki ataupun sedang berada di puncak gunung, dan untuk mengetahui berapa kebutuhan energi listrik yang diperlukan bagi para pendaki gunung guna merancang alat *charger* portabel, terlebih dahulu harus mengetahui spesifikasi dari peralatan yang dibawa oleh para pendaki gunung dan waktu pemakaian per unitnya. Data profil beban ini didapat melalui studi pendahuluan yang dilakukan dengan wawancara secara langsung oleh para pecinta alam yang nantinya akan ditentukan sesuai batasan masalah yang telah ditentukan oleh penulis yaitu focus pada profil beban yang merupakan preoritas bagi pendaki gunung dan pecinta alam, hal ini bertujuan agar penyaluran energi yang yang dihasilkan dari sistem ini lebih dapat dirasakan mafaatnya bagi pendaki gunung.

### 3.3.3 Alat dan komponen perancangan

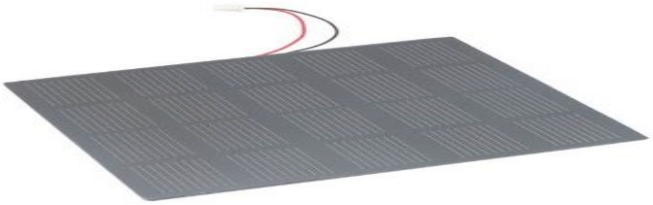
Adapun alat dan komponen yang digunakan dalam perancangan *hybrid thermoelectric* dan *solar cell* yaitu:

1. Panel surya mini. Di sini penulis memakai *solar cell* jenis *monocrystalline* karena *solar cell* jenis ini dibuat dengan silikon kristal tunggal yang di bentuk menjadi



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

batangan sehingga elektron yang dihasilkan mempunyai banyak ruang untuk mengalir.

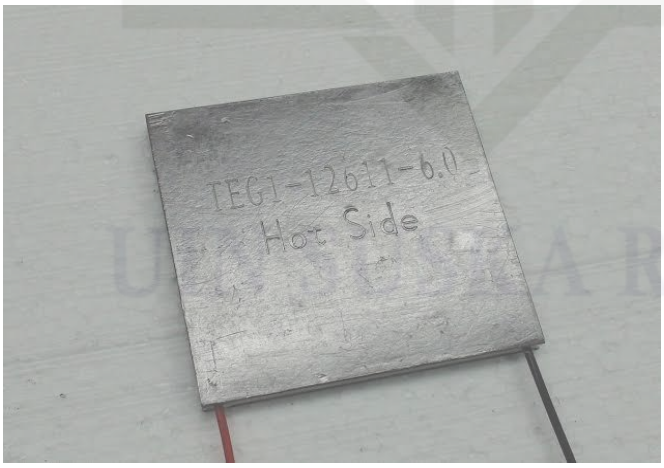


Gambar 3.2 modul 5v 400 mA *monocrystalline* PET *solar cell* [16]

Maka dari itu panel jenis *monocrystalline* ini memiliki efisiensi yang tinggi dari pada jenis *polycrystalline*. Kemudian di rangkai secara paralel sehingga arus *output* yang diperoleh merupakan penjumlahan dari arus yang dihasilkan oleh *solar cell* dan TEG dengan tegangan yang sama.

2. *Thermoelectric Generator*. Pembangkit termoelektrk (TEG) digunakan sebagai pengkonversi Energi panas dari perbedaan temperatur di sisi dingin di sisi panas permukaan termoelektris generator menjadi Energi listrik. TEG adalah suatu pembangkit listrik yang didasarkan pada *efek Seebeck*, yang pertama kali ditemukan tahun 1821 oleh Thomas Johann Seebeck.

Nilai tegangan yang di hasilkan tergantung dari perbedaan temperatur dari sisi panas dan sisi dingin dari modul termoelektris generator. *thermoelectric generator* yang digunakan pada penelitian ini untuk sistem pengisi baterai pada perangkat elektronik adalah TEG1-199-1.4-0.5 dengan spesifikasi seperti pada tabel 3.2




Gambar 3.3 *thermoelectric generator* tipe TEG1-12611-6.0[24]



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Tabel 3.1 Spesifikasi modul TEG1-12611-6.0

| Nama | Low | Max | Keterangan |
|---|---|---|---|
| Th *(ºC)* | 27 | 50 | *Hot side temperature at environment: dry air, $N_2$* |
| DT $_{max}$ *(ºC )* | 70 | 79 | *Temperature Difference between cold and hot side of the module when cooling capacity is zero at cold side* |
| U $_{max}$ *( Voltage)* | 16.0 | 17.2 | *Voltage applied to the module at DT $_{max}$* |
| I$_{max}$ *( Amps)* | 5.4 | 5.4 | *DC current through the modules at DT $_{max}$* |
| Q$_{C\ max}$ *(Watts)* | 54.1 | 59.1 | *Cooling capacity at cold side of the module under DT=0 ºC* |
| AC resistance *(Ohms)* | 2.25 | 2.45 | *The module resistance is tested under AC* |
| Tolerance *(%)* | ± 10 | | *For thermal and electricity parameters* |

*Thermoelectric Generator* tipe ini menggunakan bahan yang berkualitas tinggi dan model ini dapat bekerja pada suhu setinggi 330℃ secara terus menerus dan bias mencapai suhu 400℃ tetapi dalam waktu yang singkat. Data pada tabel di atas merupakan hasil penelitian yang bekerja pada suhu 260℃. Modul *thermoelectric Generator* ini akan dapat menghasilkan energi listrik DC selama ada perbedaan temperatur atau suhu pada modul. Semakin besar perbedaan temperatur maka akan semakin banyak pula daya yang akan dihasilkan dan efisiensi dari konversi energi panas menjadi energi listrik akan juga meningkat.

3. *Heatsink*. Untuk mendapatkan perbedaan suhu maka dibutuhkan sisi dingin dengan memasang *heatsink*. *Heatsink* adalah logam dengan disain khusus yang terbuat dari alumunium atau tembaga, atau bias juga merupakan kombinasi kedua material tersebut yang berfungsi untuk memperluas transfer panas dari sebuah benda yang ingin di dinginkan. *Heatsink* bertujuan menyerap panas dari sisi dingin modul *thermoelectric* agar temperaturnya menjadi lebih rendah. Ukuran dari *heatsink* panjang 9 cm, lebar 8 cm dan tinggi 5 cm.

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gambar 3.4 *Heatsink*

Penggunaan *heatsink* masih kurang cukup untuk dapat menyerap panas dari sisi dingin *thermoelectric generator*.

4. Kipas DC. kipas tambahan supaya perbedaan temperatur yang didapat lebih tinggi, sehingga daya output dari *thermoelectric generator* lebih maksimal, di sini penulis menggunakan kipas motor DC karena bias di suplai dengan tegangan yang rendah

Gambar 3.5 Kipas DC

Kipas dc ini berfungsi untuk menaikan efisiensi output dari *thermoelectric generator* dengan cara meningkatkan koefisien dingin dari *heatsink*

5. Pelat penampang awal. penampang panas awal ini terbuat dari aluminium, dengan dimensi panjang 10 cm, lebar 10 cm dan tebal 3 mm.



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Gambar 3.6 Pelat penampang awal

6. Pipa tembaga. pipa konduktor, yang terbuat dari tembaga yang bertujuan untuk memaksimalkan penangkapan kalor, dan proses perpindahan kalor ke modul *generator thermoelectric*. Pipa tembaga ini dihubungkan dengan plat aluminium penampang awal, yang dirancang untuk menerima panas yang nantinya akan dihubungkan pada sisi panas *thermoelectric generator*.

7. DC-DC *step up converter* berfungsi menaikan tegangan yang dihasilkan dari proses *hybrid* sehingga tegangan menjadi stabil dan dapat digunakan untuk melakukan proses pengisian pada baterai.

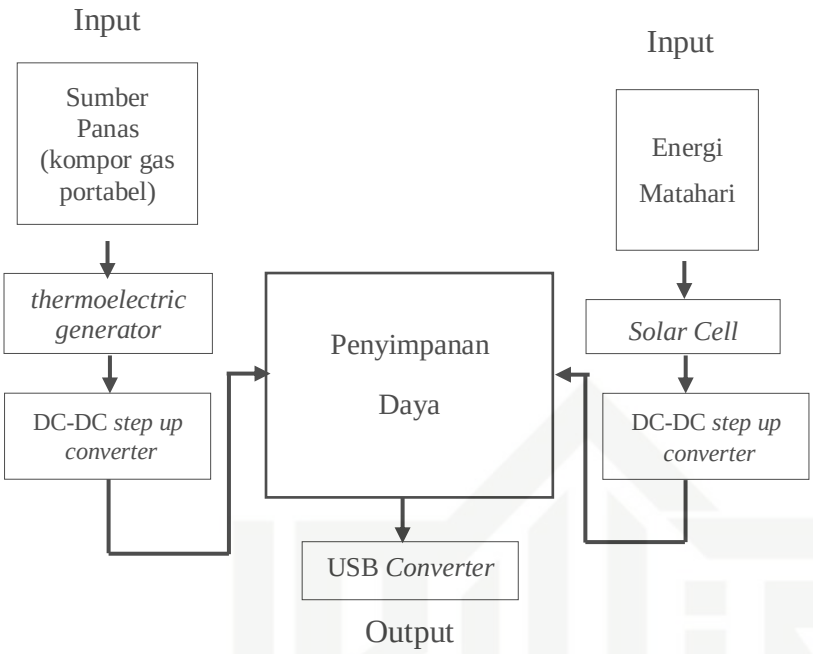
Pada perancangan perangkat *hybrid solar cell* dan *thermoelectric* generator meliputi perancangan gabungan dari beberapa komponen utama yaitu modul *solar cell*, modul *thermoelectric generator*, *heatsink*, kipas DC serta pipa konduktor. *Solar cell* yang berfungsi untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Teknologi *solar cell* merupakan sebuah hamparan semikonduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengkonversi menjadi listrik.

## 3.4 Perancangan Perangkat Sistem *Hybrid* PV-TEG

Langkah awal dalam perancangan sistem *hybrid thermoelectric generator* dengan *solar cell* ini adalah membuat blok diagram yang merupakan gambaran dasar untuk merancang dan akhirnya membuat suatu sistem atau alat yang dibuat, sehingga keseluruhan blok diagram rangkaian tersebut akan menghasilkan suatu sistem yang dapat difungsikan atau dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Perancangan sistem. Secara keseluruhan blok diagram dapat dibagi menjadi beberapa bagian yang dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut:



UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.




Gambar 3.7 Blok Diagram Alur Proses Sistem *Hybrid* PV-TEG

Pada penelitian ini agar sesuai dengan tujuan awal alat yang akan dirancang adalah sebuah kompor gunung berbahan bakar gas *portabel* yang dapat mengisi baterai ponsel dan alat elektronik lainnya seperti senter dan kamera, dengan menggunakan sistem *hybrid* modul *thermoelectric generator* dengan *solar cell*. *thermoelectric generator* adalah modul yang dapat mengubah energi panas (perbedaan temperatur) menjadi energi listrik, sedangkan *Solar cell* adalah suatu bahan atau perangkat yang mampu mengubah energi yang terkandung dalam foton cahaya menjadi tegangan dan arus listrik.

Sumber panas yang didapat oleh *thermoelectric* dari kompor gas *portabel*, pada sisi dingin diberi *heatsink* untuk mendinginkan. Perbedaan temperatur yang tinggi bisa mendapatkan tegangan dan arus listrik yang tinggi pula. Sementara modul *Photovoltaic* (PV) adalah perangkat *solid-state* yang mengubah sinar matahari yang mana sumber energi paling melimpah di planet ini, langsung menjadi listrik tanpa mesin pemanas atau peralatan yang berputar.

Tegangan output dari *thermoelectric generator* yang kecil harus di naikan dan distabilkan agar dapat digunakan untuk mengisi baterai ponsel dan kamera, penaik tegangan penulis menggunakan dc-dc *step up converter* dengan masukan kecil bisa menaikan tegangan, input yang kecil dapat menjadi lebih besar dan stabil. Di sini penulis juga menggunakan kipas tujuannya untuk meningkatkan efisiensi dari output *thermoelectric generator*, karena digunakan untuk mendinginkan pelat *heatsink*.



UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

USB konektor difungsikan sebagai penghubung untuk mentransfer arus keluaran yang dihasilkan dari *hybrid thermoelectric generator* dengan *Solar Cell*. Pada penelitian ini, sebelum membuat rancangan penelitian diperlukan pemahaman tentang cara kerja dari sistem yang dibuat.

### 3.4.1 Desain Perangkat *Prototype* Sistem *Hybrid* PV-TEG

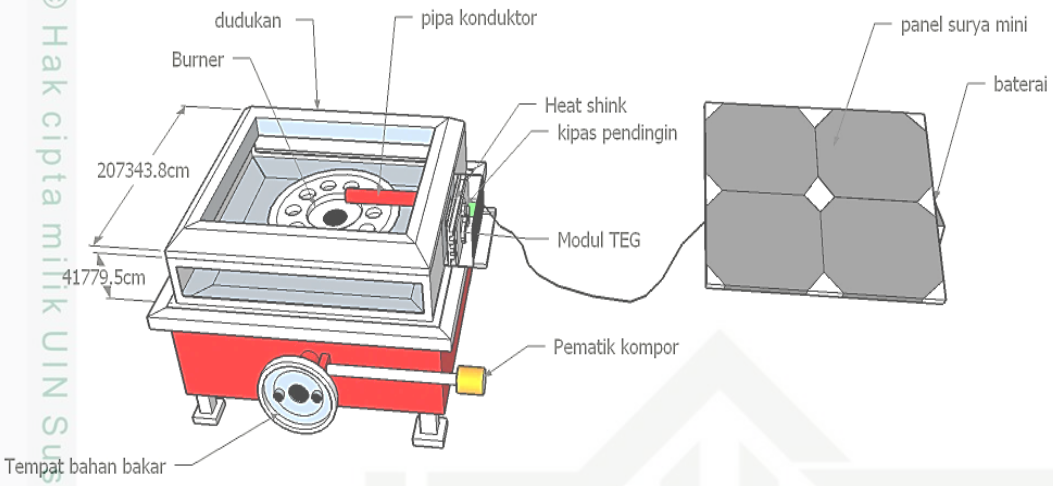
Pada penelitian ini menerapkan *Prototipe* Kompor gunung yang berbahan bakar gas *portabel* yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik bagi para pendaki gunung dengan menggunakan sistem *Hybrid thermoelectric* Dengan *Solar Cell*. Dan dengan cara mekombinasikan antara modul *thermoelectric generator* dan modul *Solar Cell*, Dari penjelasan diagram blok sistem di atas, dapat dilihat bahwa proses awal dari sistem secara keseluruhan dimulai dari sumber energi yang dibangkitkan oleh *solar cell* dan TEG. Tegangan output yang dihasilkan *solar cell* dan TEG selanjutnya digabungkan (*hybrid*) dengan tujuan untuk mendapatkan hasil output tegangan yang lebih besar.

Cara untuk men-*hybrid* kedua tegangan tersebut adalah secara paralel, sehingga arus *output* yang diperoleh merupakan penjumlahan dari arus yang dihasilkan oleh *solar cell* dan TEG dengan tegangan yang sama. Setelah proses *hybrid* antara *solar cell* dengan TEG sudah dilakukan, maka proses selanjutnya ialah menuju ke DC-DC *step up converter*. Tegangan output yang dihasilkan dari proses *hybrid* antara *solar cell* dengan TEG masih belum bisa digunakan untuk melakukan proses pengisian pada baterai. Hal tersebut disebabkan karena tegangan output yang dihasilkan dari proses *hybrid* antara *solar cell* dengan TEG tidak stabil dan tidak sesuai dengan tegangan *charging* yang dibutuhkan untuk melakukan pengisian baterai.

Tegangan output dari proses *hybrid* yang tidak stabil dan tidak bisa digunakan untuk proses *charging* tersebut akan diolah oleh DC-DC *step up converter* untuk menghasilkan tegangan yang stabil dan sesuai dengan tegangan *charging* yang diperlukan oleh baterai. Fungsi dari DC-DC *step up converter* dalam penerapan sistem adalah untuk menaikkan tegangan yang dihasilkan dari proses *hybrid* sehingga tegangan menjadi stabil dan dapat digunakan untuk melakukan proses pengisian pada baterai. Pada tahapan selanjutnya, setelah tegangan sudah di naikan dan stabil maka proses selanjutnya ialah melakukan pengisian (*charging*) pada baterai.



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU



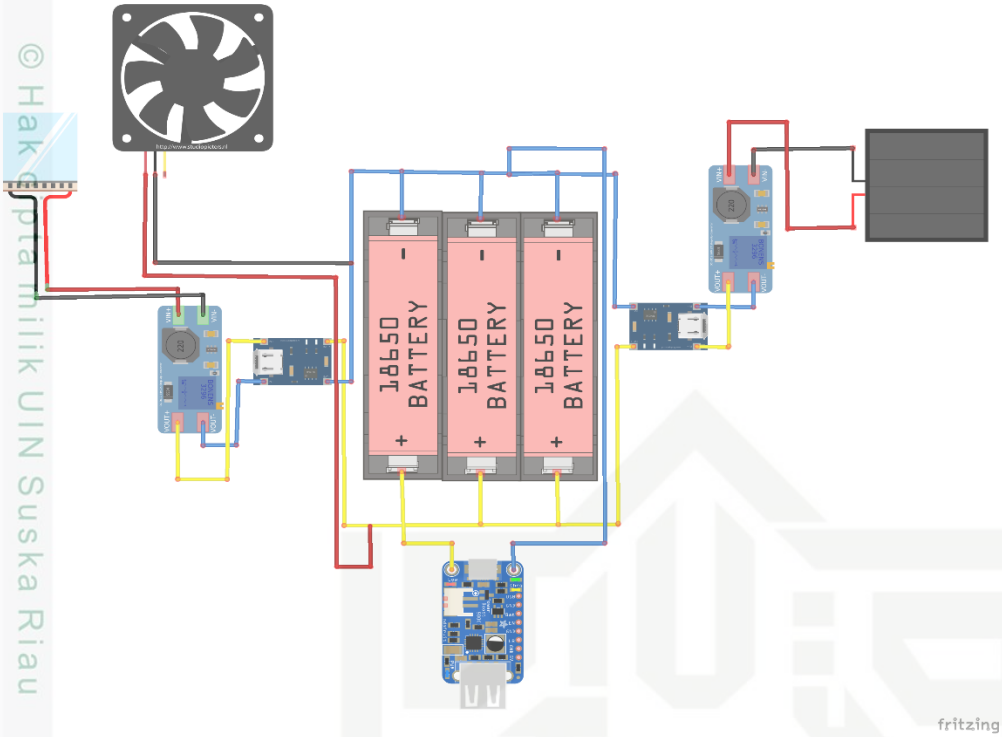

Gambar 3.8 Desain *Prototipe* Kompor Gunung gas portabel *hybrid* TEG dengan panel surya

Pada penelitian ini agar sesuai dengan tujuan awal alat yang akan dirancang adalah sebuah kompor gunung berbahan bakar gas *portabel*, dengan sedikit merekontruksi tungku kompor dibuat dari *stainless Steel* dan di rancang berbentuk balok kubus yang dilengkapi dengan pipa konduktor yang terbuat dari tembaga yang bertujuan untuk memaksimalkan penangkapan kalor dan proses perpindahan kalor ke modul generator termoelektrik. Pipa tembaga ini dihubungkan dengan plat aluminium (berfungsi sebagai penangkap panas pada bagian koefisien panas) sebagai tempat menempelkan TEG. Modul TEG di letakkan di sisi bagian samping dudukan kompor

Sedangkan sisi yang sebelahnya yaitu sisi dingin dipasangkan sirip aluminium *heatsink* yang berfungsi sebagai *cold sink* untuk menjaga beda suhu antara sisi panas TEG dengan sisi dingin TEG. Konstruksi dari dudukan kompor ini bisa dilihat pada Gambar 3.8 sisi *cold sink* dilengkapi dengan kipas DC yang bertujuan agar sisi yang sebelahnya tetap terjaga suhu dingin dan menghasilkan perbedaan suhu antara panas dan dingin yang lebih besar sehingga menghasilkan output yang maksimal.



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU




Gambar 3.9 Perancangan skematik sistem *hybrid* PV-TEG

Pakan ada gambar 3.9 di atas merupakan perancangan keeluruhan wiring sistem *hybrid* PV-TEG. Terdapat modul *Thermoelectric generator* dan *Photovoltaic* (PV), yang mengubah perbedaan temperatur dari proses pembakaran saat memasak dan sinar matahari yang mana sumber energi paling melimpah di planet ini, langsung menjadi listrik tanpa mesin pemanas atau peralatan yang berputar.

Tegangan output dari *thermoelectric generator* yang kecil harus di naikan dan distabilkan agar dapat digunakan untuk mengisi baterai ponsel dan kamera, penaik tegangan penulis menggunakan dc-dc *step up converter* dengan masukan kecil bisa menaikan tegangan, input yang kecil dapat menjadi lebih besar dan stabil. Di sini penulis juga menggunakan kipas tujuannya untuk meningkatkan efisiensi dari output *thermoelectric generator*, karena digunakan untuk mendinginkan pelat *heatsink*. USB konektor difungsikan sebagai penghubung untuk mentransfer arus keluaran yang dihasilkan dari *hybrid thermoelectric generator* dengan *Solar Cell*.

Pada dasarnya modul *hybrid solar cell* ini adalah penggabungan antara modul *solar cell* biasa dengan modul *thermoelectric*. Dengan tujuan agar output dari *solar cell* yang kurang maksimal karena masih tergantung dengan cuaca dapat di *beckup* oleh *thermoelectric* yang menyerap panas dari kompor tersebut, di mana modul *thermoelectric* di letakkan di sisi bagian samping dudukan kompor, agar mendapatkan kalor dari proses memasak yang



© Hak cipta milik UIN Suska Riau
Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dilakukan ketika berada di gunung atau sedang berkemah. Kemudian di sisi samping modul *thermoelectric* di letakkan *heatsink* sebagai pendingin dari sisi dingin modul agar diperoleh perbedaan suhu yang besar.

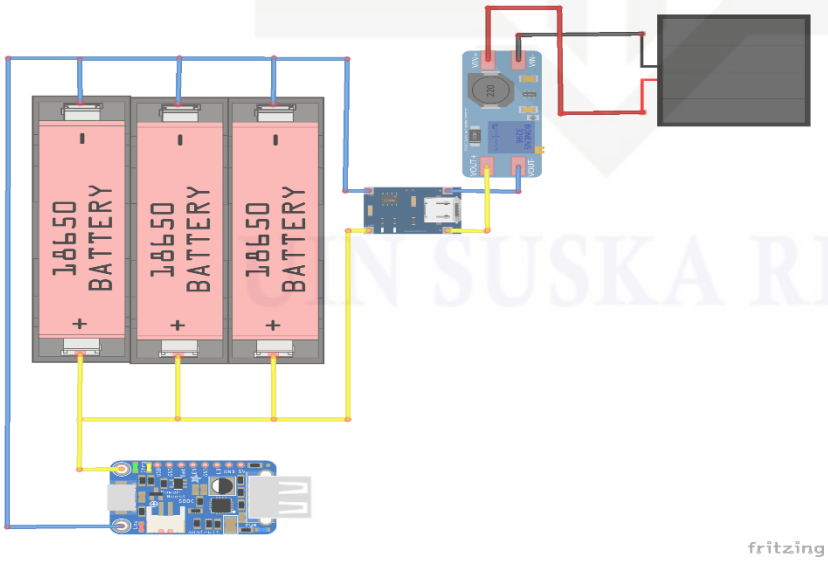
## 3.5 Tahap Desain Perakitan Perangkat *Prototype* Sistem *Hybrid* PV-TEG

Penelitian ini menggunakan metode *hybrid* yaitu mengkombinasikan modul *thermoelectric* dan modul *solar cell* dengan tujuan untuk meningkatkan output yang di hasilkan dari kompor gunung berbahan bakar gas portabel dan dapat mencapai hasil yang di inginkan.

### 3.5.1 Desain Perakitan Perangkat *Solar Cell*

Rancangan modul perangkat *Solar Cell* digunakan untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Teknologi *solar cell* merupakan sebuah hamparan semikonduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengkonversi menjadi listrik. Di sini penulis memakai *solar cell* jenis *monocrystalline*. Karena *solar cell* jenis ini dibuat dengan silikon kristal tunggal yang di bentuk menjadi batangan dan diiris. Karena sel terbuat dari kristal tunggal, elektron yang menghasilkan listrik punya banyak ruang untuk mengalir.

Kemudian di lengkapi dengan modul Modul IC XL6009E1 salah satu *switching* regulator yang termasuk jenis operasi *boost konverter*, yaitu memberikan tegangan *output* yang lebih tinggi dari *input* lalu selanjutnya di hubungkan dengan baterai 18650 secara *parallel* menggunakan TP 4056 dengan tujuan agar daya yang dihasilkan dari *solar cell* dapat digunakan di saat malam hari karena memiliki sistem penyimpanan.




Gambar 3.10 Desain skematik perakitan modul *solar cell* dengan baterai LI-ion 18650



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Sultan Syarif Kasim Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Adapun penggunaan pin modul *solar cell* pada rangkaian di atas adalah sebagai berikut:

Table 3.2 Penggunaan pin modul *solar cell*

| ***Solar cell*** | **Modul *boost converter*** | **Tp4056** |
|---|---|---|
| VCC | VCC | VCC |
| GND | GND | GND |

Rangkaian pada sistem ini juga menggunakan komponen diode, yang memiliki kutub anoda dan katode yang berfungsi untuk penyearah arus listrik dari panel surya, yang di pasang dari terminal (+) dari panel. Dan bias berfungsi juga sebagai pengaman ketika sel surya tidak menghasilkan daya pada malam hari, apabila terdapat arus listrik di baterai maka arus listrik tersebut akan tertahan oleh diode.

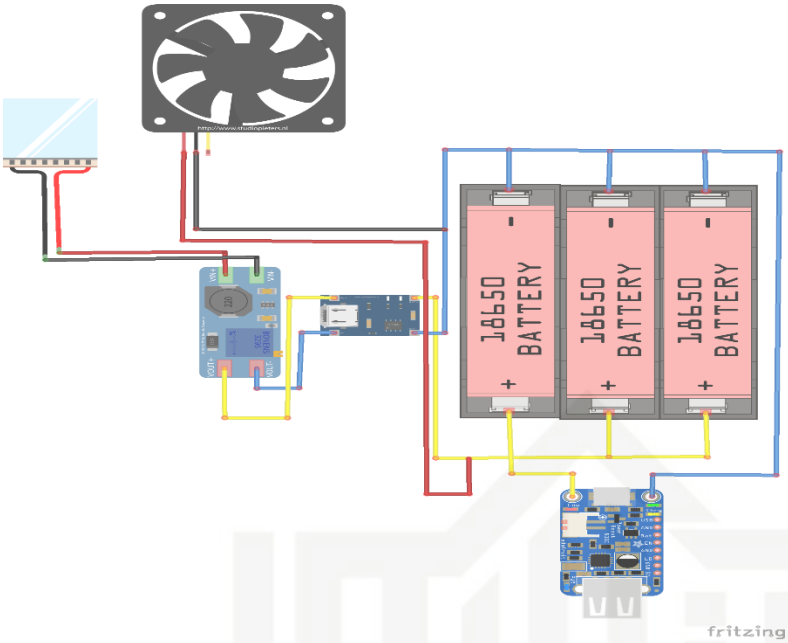
### 3.5.2 Desain Perakitan Perangkat *Thermoelctric Generator*

Rancangan perangkat modul *Thermoelctric Generator* digunakan sebagai penutup kekurangan dari *solar cell* dan sebagai sumber energi cadangan, sehingga apabila penyerapan intensitas cahaya matahari pada *solar cell* menurun maka sumber energi TEG yang dihasilkan dapat dijadikan *backup* untuk menambahkan energi listrik yang digunakan. Modul TEG dirancang sebagai pengkonversi energi panas dari perbedaan temperatur di sisi dingin di sisi panas permukaan termoelektris generator menjadi energi listrik. Nilai tegangan yang di hasilkan tergantung dari perbedaan temperatur dari sisi panas dan sisi dingin dari modul termoelektris generator. untuk mendapatkan perbedaan suhu maka dibutuhkan sisi dingin dengan memasang *heatsink*.

*Heatsink* adalah logam dengan disain khusus yang terbuat dari alumunium atau tembaga, atau bias juga merupakan kombinasi kedua material tersebut yang berfungsi untuk memperluas transfer panas dari sebuah benda yang ingin di dinginkan. *Heatsink* bertujuan menyerap panas dari sisi dingin modul *thermoelectric* agar temperaturnya menjadi lebih rendah, penggunaan *heatsink* masih dirasa kurang cukup untuk dapat menyerap panas dari sisi dingin *thermoelectric generator*. oleh karena itu digunakan kipas tambahan supaya perbedaan temperatur yang didapat lebih tinggi, sehingga daya output dari *thermoelectric generator* lebih maksimal, di sini penulis menggunakan kipas motor DC karena bias di suplai dengan tegangan yang rendah.



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
Sateslam University Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU




Gambar 3.11 Deain skematik perakitan perangkat modul *Thermoelctric Generator*

Table 3.4 Penggunaan pin modul TEG

| TEG | Kipas DC | Modul port USB |
|---|---|---|
| VCC | VCC | Vcc |
| GND | GND | GND |

Rangkaian sistem pada modul TEG juga di lengkapi komponen diode yang berfungsi sebagai penyearah dan penghambat arus listrik apabila TEG tidak dapat menghasilkan daya listrik.

## 3.6 Tahapan Pengujian

Setelah pengambilan dan pengumpulan komponen-komponen yang diperlukan kemudian dilakukan perakitan alat, maka langkah selanjutnya adalah menganalisa data dan melakukan pengujian alat. Sebelum dilakukan pengujian pada sistem *hybrid thermoelectric generator* dengan panel surya mini, yang harus diutamakan adalah kelengkapan komponen. Apakah telah terpasang dengan benar dan rapi agar dapat dilakukan pengujian dan menghasilkan data yang akurat. Selanjutnya melakukan pengujian alat agar mendapatkan data yang akurat dan dapat dianalisa. Pengujian alat ini dilakukan agar mengetahui seberapa besar performa kinerja alat. Adapun pengujian pada kompor gunung yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

### 3.6.1 Tahapan Tata Cara Pelaksanaan Pengujian Daya dan Energi

**a. Tahapan Tata Cara Pengujian Daya PV Tanpa Beban**



© Hak cipta milik UIN Suska Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
UIN SUSKA RIAU

dilakukan dengan menyiapkan komponen modul panel surya yang sudah di rakit dengan baterai, Waktu pelaksanaan pengujian tahap pertama ini dilakukan dari pukul 07.00 WIB sampai dengan 17.00 WIB dengan selang waktu rata-rata pengambilan data sekitar 30-60 menit. Adapun yang diukur dalam pengujian ini adalah tegangan output dari panel surya (menggunakan alat ukur avometer), dan arus listrik (menggunakan alat ukur avometer). Besaran arus dan tegangan dari panel surya didapat dari pengukuran langsung pada alat ukur amper meter dan volt meter yang kemudian hasilnya dicatat pada tabel di bawah ini untuk kemudian di analisa.

| No. | Waktu (menit) | Kondisi Cuaca | Pengukuran | | Daya (watt) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Arus (A) | Tegangan (V) | |
| 1. | | | | | |
| Total | | | | | |
| Rata-rata | | | | | |

**b. Tahapan Tata Cara Pengujian PV Dengan Beban (Baterai)**

Dilakukan pengujian waktu pengisian baterai dengan beban. Guna untuk melihat performa panel surya ketika melakukan pengisian, dalam hal ini kapasitas beban yang digunakan adalah sebesar 4000mAh. Waktu pelaksanaan pengujian tahap kedua ini dilakukan sama dengan pengujian pada tahap pertama yaitu dari pukul 07.00 WIB - 17.00 WIB dengan selang waktu rata-rata pengambilan data sekitar 30-60 menit. Adapun yang diukur dalam pengujian ini adalah tegangan output dari panel surya (menggunakan alat ukur avometer), dan arus listrik (menggunakan alat ukur avometer) dan seberapa cepat tingkat pengisian baterai oleh panel surya kemudian hasilnya dicatat pada tabel di bawah ini untuk kemudian di analisa.

| No. | Waktu (menit) | Kondisi Cuaca | Pengukuran | | Daya (watt) | Persentasi pengisian baterai (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Arus (A) | Tegangan (V) | | |
| 1. | | | | | | |
| Total | | | | | | |
| Rata-rata | | | | | | |

**c. Tahapan Tata Cara Pengujian TEG Tanpa Tambahan Pendingin**



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
©Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Pada pengujian ini menggunakan 4 modul TEG tipe sama yang dipasangkan di sisi kanan dan kiri dari dudukan, dengan sirip aluminium yang tetap dijaga dengan pendinginan alami dengan udara sekitar guna melihat apakah TEG dapat bekerja dengan baik jika pendinginan sisi dingin TEG hanya dengan pendingin alami kemudian hasilnya dicatat pada tabel di bawah ini untuk kemudian di analisa.

| No | Waktu (Menit) | Perbedaan temperatur | | ΔT (K) | Daya output | | Daya (Watt) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Th (K) | Tc (K) | | Tegangan (V) | Arus (A) | |
| 1 | | | | | | | |
| Total | | | | | | | |
| Rata-rata | | | | | | | |

**d. Tahapan Tata Cara Pengujian TEG Dengan Pendingin Tambahan Kipas DC**

Pada pengujian ini menggunakan 4 modul TEG tipe sama yang dipasangkan di sisi kanan dan kiri dari dudukan, dengan sirip aluminium yang tetap dijaga dengan pendinginan tamban dan pendingin alami dengan udara sekitar, guna melihat apakah TEG dapat bekerja dengan baik jika pendinginan sisi dingin TEG dengan pendingin tambahan. kemudian hasilnya dicatat pada tabel di bawah ini untuk kemudian di analisa.

| No | Waktu (Menit) | Perbedaan temperatur | | ΔT (K) | Daya output | | Daya (Watt) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Th (K) | Tc (K) | | Tegangan (V) | Arus (A) | |
| 1 | | | | | | | |
| Total | | | | | | | |
| Rata-rata | | | | | | | |

**e. Tahapan tata cara Perhitungan Daya Total Energi Sistem *Hybrid* PV-TEG**

Sebelum mengaplikasikan alat tersebut secara langsung diperlukan beberapa pengujian terlebih dahulu seperti yang telah dilakukan di atas guna mengetahui performa dari masing-masing perangkat sehingga memenuhi kebutuhan beban bagi pendaki gunung. Setelah melalui beberapa tahap pengujian dari masing-masing perangkat maka akan ditotalkan jumlah output dari masing-masing perangkat

## 3.7 Tahapan Analisis Data

Setelah dilakukan pengujian terhadap masing-masing modul *hybrid solar cell* dan *thermoelectric generator* maka akan dilakukan pengambilan data sebagai berikut:



UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Perbandingan daya Output *solar cell* dan *thermoelectric generator* yakni berupa tegangan dan arus.
2. Perbandingan daya output *hybrid solar cell* dengan *thermoelectric generator* dalam kondisi kompor sedang melakukan proses pemasakan dalam hal ini untuk memasak air sebagai pengambilan sampel.
3. Perbandingan daya output *hybrid solar cell* dengan *thermoelectric generator* kondisi kompor tidak melakukan proses memasak.
4. Perhitungan efisiensi terhadap sistem *hybrid solar cell* dengan *thermoelectric generator*, saat kompor melakukan proses memasak dan saat kompor tidak melakukan proses memasak.

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

# BAB V
# PENUTUP

## 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dari perancangan *prototype* dengan menggunakan sistem *hybrid solar cell* dan *thermolectric generator* sebagai sumber energi listrik alternatif, dapat disimpulkan:

1. Berdasarkan pengujian daya total energi panel surya selama 10 jam sebesar 41 Wh, sementara kebutuhan beban energi yang dibutuhkan pandaki gunung sebesar 48 Wh masih memiliki kekurangan sekitar 7 Wh. Kontribusi panel surya dalam memenuhi kebutuhan listrik pendaki gunung sebesar 85% hal ini disebabkan berbagai faktor diantarannya faktor intensitas matahari, oleh karena itu dibutuhkan energi alternatif lain sebagai backup panel surya
2. Berdasarkan pengujian TEG energi yang dihasilkan oleh TEG sebesar 3,8 Wh. Sehingga kontibusi TEG terhadap penambahan panel surya sebesar 7%. Jika di totalkan jumlah energi yang dapat di hasilkan panel surya dan energi yang di hasilkan oleh TEG dapat menghasilkan energi sebesar 93%. Hal ini dapat disimpulkan kebutuhan energi listrik masih belum dapat terpenuhi disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya intensitas cahaya matahari dan proses transfer kalor yang kurang maksimal.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti menggunakan sistem *hybrid* dengan memanfaatkan panel surya dan TEG, diharapkan untuk penelitian selanjutnya:

1. Melakukan analisa komponen terlebih dahulu karena komponen dengan spesifikasi yang bagus akan mempengaruhi output yang akan dihasilkan oleh karena itu sangat penting dilakukan analisa spesifikasi komponen terlebih dahulu dan di pilih mana yang terbaik dan bisa aplikatif digunakan untuk memenuhi kebutuhan beban bagi para pendaki gunung.
2. Meningkatkan inovasi desain alat yang lebih portabel dan lebih efisien. Karena suatu disain alat juga berpengaruh terhadap hasil yang akan dicapai

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# DAFTAR PUSTAKA

[1] Badan Pusat Statistik 2018. *Sosial dan kependudukan*. www.bps.go.id diakses pada tanggal 16 November 2018 Pukul 11:45 Wib.

[2] Badan Perencanaan Nasional 2013. *Proyeksi Penduduk Indonesia*. Badan Pusat Statistik, Jakarta-Indonesia BPS - Statistics Indonesia.

[3] Wahid Ahmad, dkk. 2014. *Analisis Kapasitas Dan Kebutuhan Daya Listrik Untuk Menghemat Penggunaan Energi Listrik Di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura*. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Pontianak

[4] Setyawan Tomy 2017. *Pemanfaatan Panas Kompor Gunung Untuk Pengkonversian Energi Panas Menjadi Energi Listrik Dengan Modul Peltier*. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

[5] Andriyanto Adven Daniel 2015. *Pemanfaatan Modul Termoelektrik Generator Untuk Mengisi Baterai Ponsel*. Universitas Keristen Satya Wacana Salatiga.

[6] Raban Raksa, dkk 2015. *Desain Dan Implementasi Charger Baterai Portable Menggunakan Modul Ic Xl6009e1 Sebagai Boost Converter Dengan Memanfaatkan Tenaga Surya*. e-Proceeding of Engineering : Vol.2, No.2 ISSN : 2355-9365

[7] Haryadi Sugeng, dkk 2017. Rancang Bangun Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Charger Handphone Di Tempat Umum. Jurnal Teknik Mesin UNISKA Vol. 02 No. 02

[8] Morgantown and Virginia West 2000. *Fuel Cell Handbook*. Edisi ke lima EG&G Services Parsons, Inc. Science Applications International Corporation.

[9] Mench Matthew M 2018. *Fuel Cell Engines*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Published simultaneously in Canada.

[10] Bruce Tonn and Das Sujit 2001. *An Assessment of Platinum Availability for Advanced Fuel Cell Vehicles, Oak Ridge, Tenn*. Oak Ridge National Laboratory.

[11] Ramadhan Ikhsan Dzikri 2015. *Rancang Bangun Power Bank Menggunakan Solar Cell Sebagai Sumber Listrik*. Teknik Elekro Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung

[12] Argianto Agus Riengga, Winarno Istiyo 2017. *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Antara Solar Cell Dan Thermoelectric Generator (Teg) Sebagai Sumber Energi Listrik Di Kapal Nelayan*. Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah.

[13] Permana Evan, dik. 2015. *Rancangan Alat Pengisi Daya Dengan Panel Surya ( Solar Charging Bag ) Menggunakan Quality Function Deployment (Qfd)*. Reka Integra ISSN: 2338-5081. Jurusan Teknik Industri Itenas No.04 Vol.03 Jurnal Online Institut Teknologi Nasional.

[14] Masters M. Gilbert 2004. *Renewable and Efficient Electric Power Systems*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Published simultaneously in Canada.

[15] Pandikumar Alagarsamy and Ramaraj Ramasamy 2018. *Rational Design of Solar Cells for Efficient Solar Energy Conversion*. John Wiley & Sons, Inc USA.

[16] Bruno S. Dallan, dkk 2015. *Performance Evaluation Of A Photoelectric-Thermoelectric Cogeneration Hybrid System*. Elsaver Ltd.

[17] Jager Klaus, dkk 2014. *Solar Energy Fundamentals, Technology, and Systems*. Delft Universityof Technology.

[18] ing. Bagus Ramadhani, M.Sc. 2018. *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*. Deutsche Gesells chaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Energising Development (EnDev) Indonesia. Jakarta Pusat.

[19] Rusdiana Dadi, 2018. *Kebergantungan Faktor Pengisian (Fill Factor) Sel Surya Terhadap Besar Celah Pita Energi Material Semikonduktor Pembuatnya : Suatu Tinjauan Matematika*. UPI , Jl. Dr. Setiabudhi 229 Bandung

[20] S.R. Wenham, dkk 2007. *APPLIED PHOTOVOLTAICS Second Edition*. Earthscan in the UK and USA in 2007.

[21] Klara Sherly dan Sutrisno 2016. *Pemanfaatan Panas Gas Buang Mesin Diesel Sebagai Energi Listrik*. Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK) Volume 14, Nomor 1, Januari - Juni 2016

[22] Barber-Macia Enrique 2015. *Thermoelectric Materials Advances and Applications*. Pan Stnford. Francis.

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Sunan Kasim Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

[23] Kang Chanyoung, dkk 2015. *Thermoelectric Materials and Devices*. the Royal Society of Chemistry. Korea

[24] Umboh Ronald. 2010 *Perancangan Alat Pendinginan Portable Menggunakan Elemen Peltier*. Tweknik Elektro-FT. UNSRAT. Manado

[25] G. Min, D.M. Roe 1994. *Handbook of thermoelectrics, Peltier devices as generator*, CRC Press LLC, Florida, ,

[26] Ansyori 2017. *Rancang Bangun Sistem Generator Thermoelectric Sederhana sebagai pembangkit listrik dengan menggunakan metode seebeck effect*. UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang.

[27] Giancoli, Douglas, C. 2001. *Fisika edisi kelima jilid 2*. Erlangga, Jakarta.

[28] Kreith Frank. Prijono Arko M.sc. *prinsip-prinsip perpindahan panas, edisi ke-3*. Erlangga. Jakarta

[29] Cengel, Y. A. 2003. *Heat Transfer*. Amerika. Mc Graw-Hill, Second Edition

[30] Fauzie A M, dkk 2018. *Kaji Eksperimental Pengaruh Pemasangan Variasi Sekat Terhadap Laju Perpindahan Panas Pada Ruangan*. ISSN 2303-212X. ISSN 2503-5398. Jurnal Desiminasi Teknologi, Volume 6, Nomor 1.

[31] Dr. ir. Raldi Artono Koestoer. 2002. *Perpindahan Kalor Untuk Mahasiswa Teknik Edisi Peftama*. Salemba Teknika. Jakarta

[32] Glicksman R. Leon. 1991. *Heat Transfer*.

[33] Dr. Ir. M. Syaiful, Ms. 2009. *Mekanisme Perpindahan Energi*. IPB Press. Bogor

[34] Forsyth, A.J., and Mollov, S.V. 1998. *Modelling and Control of DC-DC Converters*. Power Engineering Journal, pp. 229-236.

[35] Wibowo S, dkk. 2015. *Kinerja Dc Chopper Tipe Cuk Dengan Mosfet Dalam Mode Ccm Dan Dcm*. VOL.4, NO. 2 TRANSIENT

[36] Chamma, Bukry, 2015, Perancangan Alat Pengisi Baterai Lead Acid Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535, Medan: Universitas Sumatera Utara

[37] Thowil Muhammad, dan Ayu Ilham P.P 2015. Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid Dan Nickel-Metal Hydride Pada

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Penggunaan Mobil Listrik – Review. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.6, No.2 Tahun 2015: 95-99 ISSN 2477-6041

[38] Albright, Greg, 2012, A comparative of Lead Acid to Lithium-Ion in Stationary Storage Applications, New York: AllCell Technologies LLC.

[39] SUPPO, 2014, NiMH Battery vs Li-On Battery, China: Union Suppo Battery.

[40] Rahman U.A 2017. *Rancang Bangun Mp3 Player Berbasis Atmegncha 2560 Dengan Penampil Lcd Tft 3,95 Inch*. Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

# LAMPIRAN A

## [41] wawancara pendaki gunung

**WAWANCARA DENGAN PENDAKI GUNUNG**

**Peneliti** : assalamualaikum pak saya imam kusroni ingin melakukan wawancara dengan anda terkait pendakian gunung, guna melengkapi data yang saya perlukan dalam penelitian saya yang mana bertujuan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pendaki gunung. Apakah bersedia pak?

**Narasumber** :Baik, bersedia.

**Peneliti** :Apakah ketika mendaki gunung dan ketika berkemah di alam bebas memerlukan energi listrik?

**Narasumber** :Sebenernya sepert ini, di gunung dan ditempat biasa saya berkemah tidak ada listrik, kalau dikatakan perlu, ya perlu lah dek karena agar alat komunikasi dan beberapa alat penerangan memerlukan daya listrik .

**Peneliti** :Energi listrik di gunakan untuk apa ketika mendaki gunung atau berkemah di alam bebas pak?

**Narasumber** :Yang pasti untuk mencarger hp, dan beberapa alat elektronik lainya seperti senter, dan lampu emergency

**Peneliti** :Letika di gunung atau di alam bebas apakah benar pak, tidak ada sumber eneri listrik yang tersedia?

**Narasumber** :Seperti yang saya bilang di awal, di gunung tidak ada sumber listrik yang dapat digunakan.

**Peneliti** :Berapa lama penggunaan alat-alat seperti senter dan alat telekomunikasi tersebut pak?

**Narasumber** :Kalau senter biasanya saya gunakan hanya untuk malam hari sampai matahari terbit apalagi ketika mau buang air sangat dibutuhkan penggunaan senter, mungkin kalau untuk hp saya gunakan ketika mengabadikan momen-momen dan juga untuk mendengarkan musik

**Peneliti** :Baik terimkasih atas waktunya mas.

**Peneliti** **Narasumber**

Imam kusroni Hafiz Firdaus

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

RETScreen - Climate database

Map
Search
Data

| | | | |
|---|---|---|---|
| Country | Indonesia | | |
| Province/State | | | |
| Climate data location | Pekan Baru/Simpangt | | |
| Latitude | °N | 0.5 | |
| Longitude | °E | 101.5 | Source |
| Climate zone | 0A | Extremely hot - Humid | Ground+NASA |
| Elevation | m | 31 | Ground |
| Heating design temperature | °C | 22.1 | Ground |
| Cooling design temperature | °C | 33.9 | Ground |
| Earth temperature amplitude | °C | 5.9 | NASA |

See map

| Month | Air temperature | Relative humidity | Precipitation | Daily solar radiation - horizontal | Atmospheric pressure | Wind speed | Earth temperature | Heating degree-days 18 °C | Cooling degree-days 10 °C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | °C | % | mm | kWh/m²/d | kPa | m/s | °C | °C-d | °C-d |
| January | 26.6 | 84.2% | 235.74 | 4.27 | 99.7 | 0.9 | 25.7 | 0 | 515 |
| February | 26.8 | 82.5% | 151.57 | 4.88 | 99.7 | 0.9 | 26.1 | 0 | 470 |
| March | 27.3 | 82.4% | 266.55 | 4.98 | 99.7 | 1.0 | 26.5 | 0 | 536 |
| April | 27.6 | 82.7% | 279.50 | 5.11 | 99.6 | 0.9 | 26.8 | 0 | 528 |
| May | 27.9 | 82.5% | 194.58 | 4.92 | 99.6 | 0.9 | 26.8 | 0 | 555 |
| June | 27.9 | 81.0% | 135.00 | 4.83 | 99.6 | 1.1 | 26.3 | 0 | 537 |
| July | 27.4 | 81.3% | 146.85 | 4.87 | 99.6 | 1.3 | 26.0 | 0 | 539 |
| August | 27.2 | 81.2% | 193.45 | 4.88 | 99.7 | 1.2 | 26.3 | 0 | 533 |
| September | 27.1 | 83.1% | 213.85 | 4.95 | 99.7 | 1.0 | 26.5 | 0 | 513 |
| October | 27.2 | 83.1% | 274.54 | 5.07 | 99.7 | 1.0 | 26.8 | 0 | 533 |
| November | 27.0 | 83.5% | 254.90 | 4.71 | 99.7 | 1.1 | 26.5 | 0 | 510 |
| December | 26.6 | 84.3% | 300.50 | 4.33 | 99.7 | 1.1 | 25.9 | 0 | 515 |
| **Annual** | **27.2** | **82.7%** | **2,647.02** | **4.82** | **99.7** | **1.0** | **26.3** | **0** | **6,285** |
| **Source** | Ground | Ground | NASA | NASA | NASA | Ground | NASA | Ground | Ground |
| Measured at | | | | | m | 10 | 0 | | |

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU



## Specification of Thermoelectric Module

## TEG1-24111-6.0

### Description

The 127 couples, 40 mm × 40 mm size single module which is made of our high performance ingot to achieve superior cooling performance and 70 ºC or larger delta T max, is designed for superior cooling and heating applications. Beyond the standard below, we can design and manufacture the custom made module according to your special requirements.

### Features

- No moving parts, no noise, and solid-state
- Compact structure, small in size, light in weight
- Environmental friendly
- RoHS compliant
- Precise temperature control
- Exceptionally reliable in quality, high performance

### Application

- Food and beverage service refrigerator
- Portable cooler box for cars
- Liquid cooling
- Temperature stabilizer
- CPU cooler and scientific instrument
- Photonic and medical systems

### Performance Specification Sheet

| | | | |
|---|---|---|---|
| Th (ºC) | 27 | 50 | Hot side temperature at environment: dry air, $N_2$ |
| $DT_{max}$ (ºC ) | 70 | 79 | Temperature Difference between cold and hot side of the module when cooling capacity is zero at cold side |
| $U_{max}$ ( Voltage) | 16.0 | 17.2 | Voltage applied to the module at $DT_{max}$ |
| $I_{max}$ ( Amps) | 5.4 | 5.4 | DC current through the modules at $DT_{max}$ |
| $Q_{Cmax}$ (Watts) | 54.1 | 59.1 | Cooling capacity at cold side of the module under DT=0 ºC |
| AC resistance (Ohms) | 2.25 | 2.45 | The module resistance is tested under AC |
| Tolerance (%) | ± 10 | | For thermal and electricity parameters |

# LAMPIRAN B

Tabel Pengukuran Panel Surya

| No. | Jam Pengukuran | Pengukuran | | Kondisi Cuaca |
|---|---|---|---|---|
| | | Arus (A) | Tegangan (V) | |
| 1. | 7:00 | 1.44 | 5.18 | Berawan |
| 2. | 8:00 | 1.57 | 5.17 | Berawan |
| 3. | 9:00 | 1.99 | 5.16 | Berawan |
| 4. | 10:00 | 0.47 | 5.14 | Mendung |
| 5. | 11:00 | 2.63 | 5.14 | Cerah |
| 6. | 12:00 | 2.20 | 5.12 | Cerah |
| 7. | 13:00 | 2.03 | 5.12 | Cerah |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 8. | 14:00 | 1.63 | 5.13 | Berawan |
| 9. | 15:00 | 1.45 | 5.13 | Berawan |
| 10. | 16:00 | 0.69 | 5.15 | Mendung |
| 11. | 17:00 | 0.29 | 5.15 | Mendung |

Tabel Hasil Pengujian Pengisian Daya Baterai

| No. | Waktu (Jam) | Pengukuran | | Persentasi Pengisian Baterai | Kondisi Cuaca |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Arus (A) | Tegangan (V) | | |
| 1. | 07:15 | 1,66 | 4,81 | 0% | Berawan |
| 2. | 08:10 | 1,70 | 4,92 | 05% | Berawan |
| 3. | 09:25 | 2,23 | 5,14 | 15% | Cerah |
| 4. | 10:12 | 2,20 | 5,15 | 36% | Cerah |
| 5. | 11:00 | 2,22 | 5,09 | 56% | Cerah |
| 6. | 12:30 | 2,21 | 5,13 | 71% | Cerah |
| 7. | 13:09 | 2,16 | 5,14 | 80% | Cerah |
| 8. | 14:25 | 1,59 | 5,13 | 88% | Berawan |
| 9. | 15:15 | 1,40 | 5,13 | 90% | Berawan |
| 10. | 16:17 | 0,79 | 5,14 | 95% | Mendung |
| 11. | 17:58 | 0,45 | 4,07 | 100% | Mendung |

Tabel pengujian TEG tahap pertama

| No | Waktu (Menit) | Perbedaan temperatur | | | | ΔT (K) | Daya output | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Th (°C) | Tc (°C) | Th (K) | Tc (K) | | Volt | Ampere |
| 1 | 01:12 | 34,2 | 34,2 | 307,3 | 307,3 | 0 | 0 | 0,0 |
| 2 | 02:05 | 55,8 | 34,0 | 328,9 | 307,1 | 21,8 | 0,7 | 0,0 |
| 3 | 03:10 | 58,9 | 35,8 | 332,0 | 308,9 | 23,1 | 1,0 | 0,1 |
| 4 | 04:09 | 54,2 | 42,8 | 327,1 | 315,9 | 11,2 | 1,2 | 0,3 |
| 5 | 05:08 | 57,3 | 45,8 | 330,1 | 318,9 | 11,2 | 1,1 | 0,3 |
| 6 | 06:12 | 61,4 | 46,9 | 334,5 | 320,0 | 14,5 | 1,3 | 0,3 |
| 7 | 07:09 | 68,6 | 47,1 | 341,7 | 320,2 | 21,5 | 1,4 | 0,5 |

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 08:15 | 75,1 | 41,3 | 348,2 | 314,4 | 33,8 | 1,4 | 0,6 |
| 9 | 09:00 | 68,9 | 47,1 | 342,0 | 320,2 | 21,8 | 1,5 | 0,5 |
| 10 | 10:07 | 75,1 | 49,2 | 348,2 | 322,3 | 25,9 | 1,5 | 0,4 |
| 11 | 11:15 | 80,9 | 50,2 | 354,0 | 323,3 | 30,7 | 1,5 | 0,3 |
| 12 | 12:09 | 79,3 | 50,2 | 352,4 | 325,3 | 27,1 | 2,3 | 0,4 |
| 13 | 13:10 | 81,2 | 46,2 | 354,3 | 319,3 | 35,3 | 3,6 | 0,3 |
| 14 | 14:32 | 85,3 | 48,9 | 358,4 | 322,0 | 36,4 | 3,8 | 0,4 |
| 15 | 15:23 | 100,5 | 60,5 | 373,1 | 333,6 | 39,5 | 4,9 | 0,5 |

Tabel Data hasil pengambilan pengujian TEG tahap kedua

| No | Waktu (Menit) | Perbedaan temperatur | | | | ΔT | Daya output | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Th (°C) | Tc (°C) | Th (K) | Tc (K) | | Volt | Ampere |
| 1 | 01:00 | 32,2 | 32,2 | 305,5 | 305,3 | 0 | 0 | 0,0 |
| 2 | 02:00 | 68,5 | 47,1 | 341,6 | 320,2 | 21,4 | 0,9 | 0,0 |
| 3 | 03:10 | 70,2 | 43,3 | 343,3 | 316,4 | 26,9 | 1,0 | 0,1 |
| 4 | 04:09 | 74,1 | 46,1 | 347,2 | 319,2 | 28 | 1,9 | 0,3 |
| 5 | 05:08 | 88,3 | 42,4 | 361,4 | 315,5 | 45,9 | 1,20 | 0,4 |
| 6 | 06:12 | 100,2 | 40,0 | 373,3 | 313,1 | 60,2 | 2,5 | 0,4 |
| 7 | 07:09 | 115,3 | 50,2 | 388,4 | 323,2 | 65,1 | 3,0 | 0,5 |
| 8 | 08:15 | 130,1 | 65,0 | 403,2 | 338,1 | 65,1 | 4,0 | 0,6 |
| 9 | 09:00 | 160,2 | 70,0 | 433,3 | 343,1 | 90,2 | 0,6 | 0,0 |
| 10 | 10:07 | 189,3 | 71,10 | 462,4 | 344,2 | 118,2 | 0,2 | 0,0 |

Tabel Data Dari Hasil Pengujian sistem *hybrid solar cell* dengan TEG

| No | Waktu (jam) | Panel surya | | TEG | | | | | | ΔT (K) | Kondisi cuaca | Presentasi pengisian |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mili Amper | Volt | Mili Amper | Volt | Th (°C) | Tc (°C) | Th (K) | Tc (K) | | | % |
| 1. | 07:09 | 500,7 | 4,67 | 120 | 1,25 | 42,2 | 32,1 | 315,3 | 305,2 | 10,1 | Berawan | 0 |

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2. | 08:20 | 800,7 | 4,67 | 62 | 3,44 | 58,3 | 46,5 | 331,4 | 319.6 | 11,8 | Berawan | 15 |
| 3. | 09:12 | 1000,10 | 4,74 | 181 | 4,81 | 46,9 | 41,4 | 320,0 | 314,5 | 5,5 | Cerah | 23 |
| 4. | 10:00 | 1000,10 | 4,74 | 228 | 4,81 | 60,0 | 41,4 | 333,1 | 314,5 | 18,6 | Cerah | 36 |
| 5. | 11:15 | 2000,47 | 5,11 | 300 | 1,33 | 65 | 42,3 | 338,1 | 315,4 | 22,7 | Cerah | 43 |
| 6. | 12:20 | 2000,30 | 5,13 | 400 | 5,00 | 96 | 60 | 369,1 | 333,1 | 36,0 | Cerah | 56 |
| 7. | 13:10 | 1000,86 | 5,05 | 189 | 4,12 | 78 | 41 | 351,1 | 314,1 | 37,0 | Cerah | 69 |
| 8. | 14:00 | 1000,60 | 4,89 | 200 | 3,12 | 80 | 46 | 353,1 | 319,1 | 34,0 | Berawan | 78 |
| 9. | 15:12 | 1000,39 | 4,60 | 324 | 3,09 | 95 | 65 | 368,1 | 338,1 | 30,0 | Berawan | 83 |
| 10. | 16:55 | 600,99 | 4,10 | 180 | 1,62 | 100 | 70 | 373,1 | 343,1 | 30,0 | Berawan | 100 |

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# DAFTAR RIWAYAT HIDUP

**Imam Kusroni** yang akrab dipanggil Imam, lahir di Pekanbaru pada tanggal 01 Juni 1996. Penulis merupakan anak kedua dari 3 bersaudara pasangan suami istri S. Sumarli dan Marini yang beralamat di Desa Kerubung Jaya Kec. Batang Cenaku, Indragiri Hulu, Penulis dapat dihubungi pada :

Email : imamkusroni9090@gmail.com

HP : +6285375983271

Pengalaman pendidikan yang dilalui dimulai pada SD Negeri 016 di desa Kerubung Jaya kab. Indragiri Hulu tahun 2003, lulus pada tahun 2009. Kemudian dilanjutkan di SMP Negeri 02 Batang Cenaku kab. Indragiri Hulu pada tahun 2009 sampai tahun 2012. Setelah tamat dari SMP, pendidikan dilanjutkan di SMA Negeri 01 Batang Cenaku kab. Indragiri Hulu pada tahun 2012, dan lulus pada tahun 2015. Kemudian kuliah dengan mengambil prodi Teknik Elektro konsentrasi Energi Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau pada tahun 2020. Penelitian tugas akhir berjudul **" Rancang Bangun Perangkat *Prototype* Dengan Sistem *Hybrid* Menggunakan *Thermolectric Generator* Dan Panel Surya Mini Sebagai Sumber Energi Listrik"**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU