

RANCANG BANGUN DAN EVALUASI KINERJA KOTAK PENDINGIN BERBASIS TERMOELEKTRIK

Tajri Maulana¹, Teuku Azuar Rizal^{1*}, Nazaruddin¹

1) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Samudra, Aceh, 24415

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirim 10 Mei 2021

Direvisi dari 30 Mei 2021

Diterima 02 Juni 2021

Kata Kunci:

termoelektrik, heatsink, kotak pendingin,

Styrofoam, power suplay

ABSTRAK

The cooler is one of the necessities for humans to store food, drinks, vegetables, fruit, meat and so on. Refrigeration systems that are commonly used today use refrigerants or freon/CFC (Chlor Fluoro Carbon) which are less environmentally friendly and expensive. To meet the need for cheap and environmentally friendly refrigerators, an alternative cooler is needed. One alternative refrigerant that has been widely used today is thermoelectric.

The power source is from an adapter with an output voltage of 12V – 36V DC6A. Peltier Is a Thermo-Electric Module. This component is coated by a thin ceramic that contains Bismuth Telluride rods in it. When the DC supply voltage is 12volt-15volt and current is 2-5A. The cooling room material is Styrofoam, with a heat sink in the form of a heat sink fan. Variations are made on the amount of thermoelectric used. Data retrieval is done by installing a voltmeter, ammeter and thermocouple in a predetermined position then each measuring instrument will display the data. The data is then processed using Microsoft Excel program which can produce graphs. With a graphic form, discussion and conclusion can be done easily.

© 2021 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan energi yang paling penting bagi kehidupan manusia. Energi ini tersimpan dalam arus listrik dengan satuan ampere (A) dan tegangan listrik dengan satuan volt (V). Di zaman modern seperti ini, manusia banyak menciptakan sumber energi listrik alternatif dengan memanfaatkan kondisi alam.[1]

Efek termoelektrik merupakan proses konversi energi langsung akibat perbedaan temperatur atau setelah diberi tegangan listrik. Tegangan listrik akan dihasilkan oleh sebuah modul termoelektrik jika kedua sisi permukaan memiliki temperatur yang berbeda dan sebaliknya perbedaan temperatur akan dihasilkan jika modul termoelektrik diberikan tegangan listrik.[2]

Proses pendinginan menjadi sangat penting di saat kebutuhan manusia dan kemajuan teknologi meningkat. Pendinginan dibutuhkan dalam hal pendistribusian obat-obatan, donor darah, makanan dan minuman untuk menjaga agar produk yang didinginkan tetap memiliki kualitas yang baik. Bagi orang yang suka menikmati sajian makanan dan minuman dalam kondisi dingin maka proses pendinginan sangat diperlukan. Pendinginan makanan atau minuman

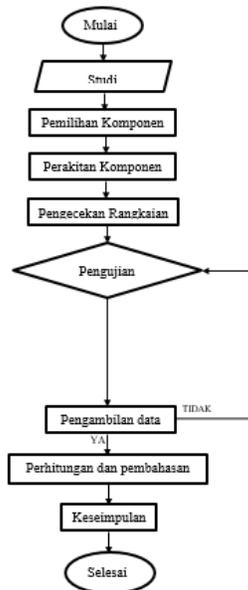
dapat menggunakan sistem refrigerasi yang memiliki ukuran yang cukup besar. Kebutuhan masyarakat yang mobile menginginkan proses pendinginan yang praktis dan mudah dibawa kemana-mana, misalnya ketika piknik, di perjalanan, atau jika bekerja dalam ruangan yang tidak memiliki kulkas.[3]

Sebuah kotak pendingin atau dikenal juga dengan *cooler box* adalah tempat untuk menyimpan dan mendinginkan makanan atau minuman dingin. Di saat kita berkendara atau berlibur bersama keluarga, dan kita melintasi jalan tol.[4]

Manfaat kotak pendingin ini berguna untuk menyimpan makanan atau minuman, melihat kondisi yang terjadi di saat kita perjalanan jauh atau berlibur Bersama keluarga maka *cooler box* ini hadir sebagai solusi terbaik dan praktis.[4] TEC adalah singkatan dari “*Thermo-Electric Cooler*”, sebuah komponen pendingin solid-state elektrik yang bekerja sebagai “pemompaan-panas” dalam melakukan proses pendinginan. TEC memindahkan panas melalui kedua sisinya. TEC mengabsorpsi panas melalui salah-satu sisinya dan memancarkan panas melalui satu sisi lainnya. Pada bagian sisi TEC yang mengabsorpsi panas terjadi efek pendinginan, inilah yang dimanfaatkan untuk berbagai keperluan pendinginan.[5]

Termoelektrik generator (TEG) merupakan suatu pembangkit listrik yang didasarkan pada efek *seebeck*, yang pertama kali ditemukan tahun 1821 oleh Thomas Johann Seebeck. Ia menghubungkan tembaga dan besi dalam sebuah rangkaian. Diantara kedua logam tersebut lalu diletakkan jarum kompas. Ketika sisi logam tersebut dipanaskan, jarum kompas ternyata bergerak. Hal ini terjadi karena aliran listrik yang timbul pada logam menimbulkan medan magnet. Medan magnet inilah yang menggerakkan jarum kompas tersebut. Fenomena tersebut kemudian dikenal dengan efek *seebeck*. Konsep *seebeck* sendiri digambarkan ketika dua buah material logam semikonduktor yang tersambung berada di lingkungan dengan dua temperatur berbeda, maka material tersebut akan mengalir arus listrik atau gaya gerak listrik.[7]

DIAGRAM ALIR PENELITIAN



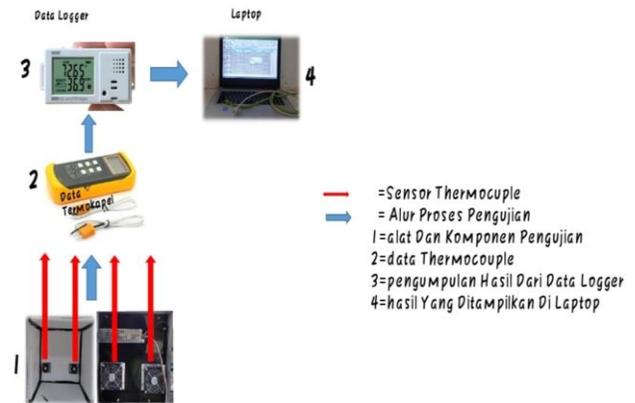
ALAT DAN BAHAN

1. Peltier 12706
2. Kipas
3. Heatsing
4. Pasta Pull Ultra Pendingin
5. Power Supplay 12V 10A
6. Plat Alumunium
7. Styrofoam
8. Data Logger
9. Komposit Panel
10. Thermokopel
11. Kabel dan colokan
12. Termodigital

KONSEP DASAR PENELITIAN

Skema penelitian

Berikut pada gambar 1 merupakan rangkaian alat uji yang akan digunakan pada penelitian yaitu sebagai berikut:



Gambar 1. Skema penelitian

Komponen-komponen yang digunakan untuk pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Komponen-komponen yang disatukan menjadikan pendingin yang berfungsi sebagai alat penggerak untuk menghasilkan suhu dingin dan panas yang dikeluarkan oleh potongan heatsink yang berukuran 40 mm x 40 mm untuk suhu yang dingin sedangkan ukuran heatsink yang mengeluarkan suhu panas berukuran 120 mm x 100 mm.
2. Termokopel sebagai sensor temperature yang dipasang pada sisi dingin dan panas pada modul termoelektrik.
3. Data logger yang berfungsi sebagai pengumpulan data dari termokopel.
4. Laptop untuk mengambil data dari data logger tersebut.

DESAIN DAN VARIASI KOTAK

Setelah konsep dasar penelitian diketahui maka langkah selanjutnya adalah menjelaskan tentang variasi kotak dengan volume yang berbeda yang akan dijelaskan dibawah ini:

Variasi kotak pendingin

Kotak yang digunakan untuk penelitian ini menggunakan dua buah kotak dengan ukuran volume masing-masing berbeda

Perakitan Kotak Pendingin

Perakitan kotak pendingin dilakukan dengan beberapa tahap yang tentunya mempunyai fungsi untuk mendapatkan hasil yang baik dan sudah bisa untuk melakukan pengujian.

1. Perakitan Rangka Kotak Pendingin
2. Pengukuran Bentuk Kotak
3. Pemotongan Bentuk Kotak

Perakitan rangka kotak

Perakitan kotak pendingin ini menggunakan rangka dari besi hollow 10x10mm dengan bentuk persegi.



Gambar 2. Perakitan Rangka

Perakitan dinding kotak

Dinding kotak menggunakan komposit panel dengan ketebalan 3mm.



Gambar 3. Perakitan dinding kotak menggunakan komposit panel

Perakitan dinding dalam kotak

Untuk dinding dalam kotak menggunakan Styrofoam dengan ukuran 30mm.



Gambar 3. Dinding dalam menggunakan Styrofoam

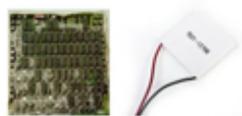
PENGUJIAN ALAT

1. Variasi Kotak
2. Table pengujian
3. Skematik pengujian
4. Prosedur pengujian

SPESIFIKASI ALAT DAN BAHAN YANG DIGUNAKAN

Berikut merupakan spesifikasi teknis komponen-komponen yang digunakan dalam pengujian ini:

Module Generator Thermoelektrik



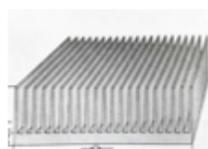
Module generator termoelektrik
Tipe = TEC1-12706
Dimensi = 40MM x 40 MM

gambar 5. generator Thermoelektrik



Heatsink/sirip kecil
Material = Alumunium
Dimensi = 40MM x 40MM

gambar 6. Heatsink Small



Heatsink/sirip besar
Material = Alumunium
Dimensi = 120MM x 100MM

gambar 7. Heatsink Big



Fan Dc Kecil
Dimensi = 40MM x 40MM
Tegangan = Dc 12V 0,09A

gambar 8. Fan Dc Kecil



Fan Dc Besar
Dimensi = 90MM x 90MM
Tegangan = Dc 12v 0,18A

gambar 9. Fan Dc Besar



Power Suplay
Tegangan = 12v 10A
Tegangan input = 110/220 VAC
Tegangan output = 12v DC
Daya max =120 watt (10A)
Ukuran = 200MM x100MM x 400MM

gambar 10. Power Suplay



Thermocouple Tipe K
Lapisan nikel chromel
Rentan Suhu -200°C - +1200 °C.

gambar 11. Thermokopel

Data Logger Suhu



gambar 12. Thermokopel

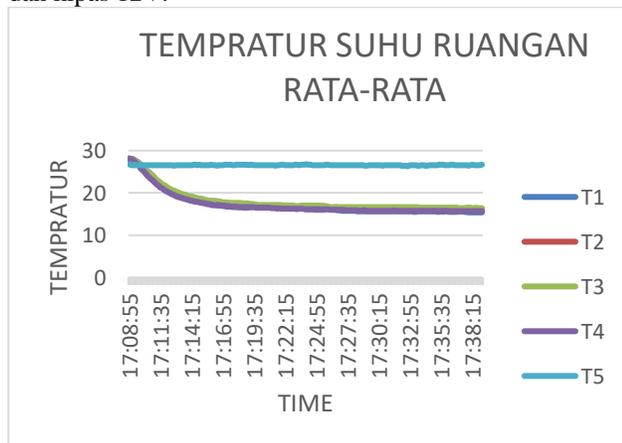
Data Logger

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data penelitian yang didapat selama pengujian berlangsung. Untuk mengetahui hasil dari pengujian maka perlu diadakan suatu Analisa dan pembahasan dari data yang diperoleh selama pengujian. Maka dalam pembahasan ini bisa dilihat pada gambar-gambar grafik dibawah ini. Dan dapat kita lihat hasil suhu ruangan kotak pendingin rata-rata setiap menitnya selama delapan kali pengujian berlangsung, dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

Pengujian pertama

Pengujian pertama menggunakan kotak berukuran 20cm X 20cm X 15cm pada termoelektrik TEC-12706 12V dan kipas 12V.



Gambar 13. hasil Pengujian pertama

a. T1 Temperatur sisi kiri atas

Pengujian ini menunjukkan penurunan temperatur pada sisi dingin dengan tegangan input 12 V dan tegangan kipas 12 V dengan variasi ukuran kotak 20cm x 20cm x 15cm. penurunan temperature mencapai 15⁰ C membutuhkan waktu selama 18 menit dengan pengujian berlangsung selama 30 menit.

b. T2 Temperatur sisi kanan atas

Pengujian ini menunjukan penurunan suhu sisi dingin dengan tegangan input 12V pada peltier tech 12706 dan tegangan input pada kipas menggunakan 12V dengan variasi kotak pendingin ukuran 20cm x 20cm x 15cm. penurun suhu terjadi pada 18 menit. Saat pengujian berlangsung selama 30 menit suhu turun menjadi 16,2⁰C sampai akhir pengujian. Pada saat pengujian berlangsung ini tidak ada penurun suhu yang begitu dingin atau mencapai titik dingin yang optimal untuk sebuah kotak

pendingin termoelektrik ini yang menggunakan ukuran kotak yang ukuran paling besar dalam pengujian ini.

c. T3 Temperatur sisi kiri bawah

Pengujian ini menunjukan penurunan suhu sisi dingin dengan tegangan input 12V pada peltier tech 12706 dan tegangan input pada kipas menggunakan 12V dengan variasi kotak pendingin ukuran 20cm x 20cm x 15cm. penurun suhu terjadi pada 17 menit. Dalam pengujian ini titik dingin ini tidak mampu mencapai suhu 15⁰C seperti yang diinginkan di karenakan mungkin ukuran kotak yang besar. Suhu terendah yang terdapat pada kotak pendingin ini adalah 16,4⁰C dalam waktu pengujian selama 30 menit.

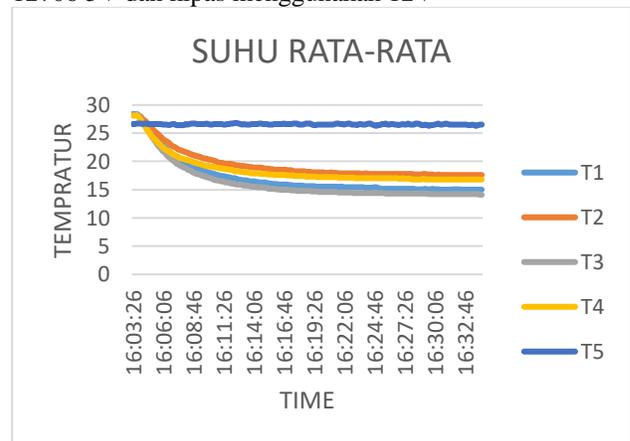
d. T4 Temperatur sisi kanan bawah

Penurunan suhu sisi dingin dengan tegangan input 12V pada peltier tech 12706 dan tegangan input pada kipas menggunakan 12V dengan variasi kotak pendingin ukuran 20cm x 20cm x 15cm. penurunan suhu terjadi pada 19 menit, namun pada waktu 28 menit kembali terjadi penurunan. Penurunan suhu yang terjadi selama pengujian ini mencapai di titik dingin yaitu 15,7⁰C yang bisa di lihat dalam pengujian selama 30 menit.

Dari semua grafik yang sudah disatukan tidak ada perbedaan yang jauh terlihat pada semua sisi dingin yang ada di dalam kotak pendingin termoelektrik. Namun T1 temperatur sisi dingin kiri atas suhu yang di dapat lebih dingin dibandingkan dengan yang lain walaupun tidak jauh berbeda. Terdapat penurunan suhu terendah yang terjadi pada titik dingin T1 saat pengujian dikarenakan posisi titik dingin saat pengujian posisi ini ditempatkan di titik yang dekat dengan kipas pendingin dalam kotak pendingin termoelektrik.

Pengujian kedua

Pengujian kedua menggunakan kotak berukuran 20cm X 20cm X 15cm dengan menggunakan voltase peltier TEC-12706 5V dan kipas menggunakan 12V



Gambar 14. hasil Pengujian kedua

e. T1 Temperatur sisi kiri atas

Penurunan suhu pada titik dingin sisi kiri atas pada suhu ruangan 26⁰ yang terjadi pada kotak pendingin mencapai 15⁰ dengan waktu 13 menit pada kotak 20 cm x 20 cm x 15 cm. pada saat pengujian berlangsung suhu awal

ruangan dalam kotak pendingin termoelektrik berada di titik $28,4^{\circ}\text{C}$, lalu pada pengujian selama 15 menit berlangsung suhu turun di titik $15,7^{\circ}\text{C}$. namun untuk mencapai suhu terendah pada saat pengujian berlangsung selama 30 menit hanya mencapai di titik 15°C .

f. T1 Temperatur sisi kanan atas

Penurunan yang terjadi pada sisi dingin kiri-1 hanya mampu mencapai $17,6^{\circ}$. suhu ini bisa dibilang tidak optimal untuk pendingin kotak termolistrik, dengan ukuran kotak terbesar pada saat penelitian ini dengan menggunakan tegangan 5V dapat dilihat tegangan yang dikeluarkan untuk sebuah komponen termolistrik tidak begitu rekomendasi karena suhu yang di keluarkan tidak memenuhi kebutuhan. Suhu awal saat pengujian $28,2^{\circ}\text{C}$ dan dalam waktu pengujian selama 15 menit suhu turun menjadi $18,3^{\circ}\text{C}$ tidak banyak penurunan suhu dibandingkan dengan T1 setelah pengujian berlangsung selama 30 menit suhu turun menjadi $17,6^{\circ}\text{C}$.

g. T3 temperatur sisi kiri bawah

Penurunan yang terjadi pada T3 temperatur sisi kiri bawah yang mencapai $14,1^{\circ}$. penurunan suhu dimulai pada menit 9.5 menit yang sudah turun pada suhu $15,9^{\circ}\text{C}$. suhu awal pengujian adalah $28,2^{\circ}\text{C}$ pengujian yang dilakukan selama 30 menit. Pada saat pengujian berlangsung selama 15 menit suhu turun menjadi $14,8^{\circ}\text{C}$ penurunan suhu yang banyak perubahan dibandingkan dengan T2 dikarenakan posisi penempatan T3 ini langsung berhadapan dengan posisi kipas pendingin termoelektrik di dalam kotak pendingin. Pengujian selama 30 menit yang dilakukan suhu turun menjadi $14,2^{\circ}\text{C}$.

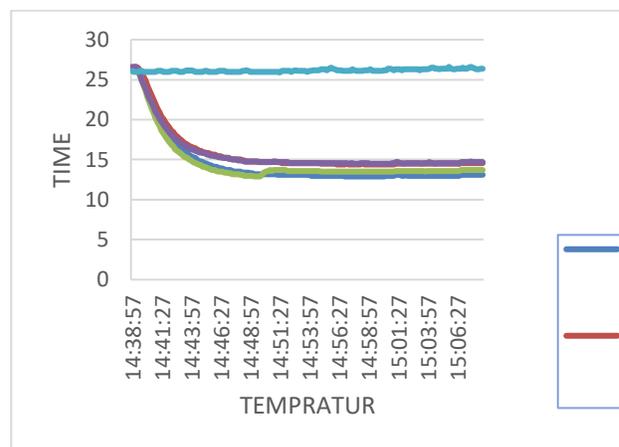
h. T4 temperatur sisi kanan bawah

Penurunan yang terjadi pada T4 temperatur sisi kanan bawah yang hanya mencapai $16,8^{\circ}$. pengujian ini dilakukan selama 30 menit. Suhu awal pengujian di dalam kotak pendingin ini adalah $28,1^{\circ}\text{C}$ yang selama 15 menit berlangsung suhu turun menjadi $17,4^{\circ}\text{C}$. dalam waktu selama 30 menit suhu berada di titik $16,8^{\circ}\text{C}$. penempatan titik dingin ini berada di posisi yang jaraknya tidak jauh pada kipas pendingin termoelektrik namun suhu yang di peroleh pada saat pengujian ini tidak mendapatkan suhu yang optimal untuk penggunaan sehari-hari.

Temperatur rata-rata setiap sisi titik dingin yang sudah di tentukan terjadi penurunan suhu terhadap temperatur T1 dan T3 yang lebih dingin dibandingkan T2 dan T4. Terlihat bahwa T1 dan T3 adalah titik dingin yang menggunakan satu komponen yang sama hanya saja penempatan titik dingin ini tidak sama. Untuk titik dingin T2 dan T4 ini yang menggunakan komponen yang sama dapat terlihat suhu yang dihasilkan jauh berbeda dengan komponen T1 dan T3, kemungkinan komponen ini telah terjadi masalah pada saat pengujian berlangsung sehingga suhu yang dihasilkan tidak begitu optimal.

Pengujian ketiga

Pengujian ketiga dilakukan pada kotak pendingin termoelektrik berukuran $10\text{cm} \times 20\text{cm} \times 15\text{cm}$ dengan menggunakan tegangan 12V pada TEC-12706 dan tegangan 12V pada kipas



Gambar 15. hasil Pengujian ketiga

a. T1 temperatur sisi kiri atas

Penurunan yang terjadi pada kotak $20\text{cm} \times 10\text{cm} \times 15\text{cm}$ dengan menggunakan tegangan 12V TEC-12607 dan kipas 12V yang turun di titik $12,9^{\circ}\text{C}$ pada 18,3 menit namun suhu kembali naik menjadi 13°C pada waktu 21,8 menit sampai 30 menit. Di awal pengujian suhu yang terdapat di dalam kotak pendingin ini $26,5^{\circ}\text{C}$ yang di lakukan di sore hari pada pukul 14.38 WIB di dalam ruangan, setelah pengujian berlangsung selama 15 menit suhu turun menjadi $13,1^{\circ}\text{C}$ suhu yang di bilang rendah untuk ukuran kotak pendingin ini. Suhu terus turun di menit 18 sampai 21 menit menjadi $12,9^{\circ}\text{C}$ selama pengujian namun suhu kembali naik menjadi 13°C sampai $13,1^{\circ}\text{C}$ selama pengujian berlangsung.

b. T2 temperatur sisi kanan atas

Penurunan dari titik dingin kanan-1 yang penurunan suhunya dimulai dalam waktu 6 menit, lalu suhu $14,5^{\circ}\text{C}$ berada di waktu 16 menit sampai 22 menit terjadi penurunan suhu, namun di waktu yang sama suhu kembali naik dan tidak banyak berubah. Pada saat awal pengujian suhu ruangan kotak pendingin ini $26,6^{\circ}\text{C}$ yang terjadi penurunan suhu di waktu 15 menit menjadi $14,6^{\circ}\text{C}$ dalam waktu selama 17 menit pengujian berlangsung suhu berada di titik $14,4^{\circ}\text{C}$ lalu suhu kembali naik menjadi $14,6^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit pengujian.

c. T3 temperatur sisi kiri bawah

Penurunan suhu yang sangat cepat, suhu yang turun dalam waktu 5 menit hingga 13°C dalam waktu 10 menit, namun suhu tidak kembali terjadi perubahan yang begitu banyak dalam waktu 30 menit. Pada awal pengujian suhu yang berada di dalam kotak pendingin termoelektrik $26,4^{\circ}\text{C}$ selama 15 menit pengujian berlangsung suhu turun menjadi $13,6^{\circ}\text{C}$. pengujian yang berlangsung selama 30 menit suhu sudah naik menjadi $13,7^{\circ}\text{C}$ yang di mulai dari 28 menit berlangsung.

d. T4 temperatur sisi kanan bawah

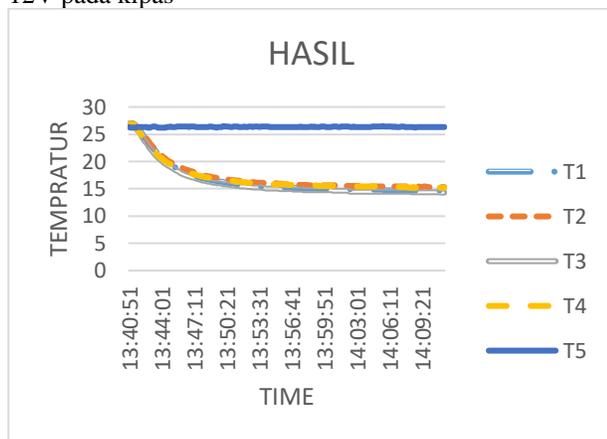
Penurunan suhu di waktu 8 menit mencapai 15°C , namun suhu yang sudah di dapat pada temperatur T4 ini terlihat lebih rata saat suhu yang turun dalam waktu 30 menit berjalan normal tidak ada perubahan suhu yang sangat terlihat pada grafik diatas. Suhu awal ruangan kotak

pendingin saat pengujian berlangsung $26,5^{\circ}\text{C}$ yang suhunya turun menjadi $14,6^{\circ}\text{C}$ dalam waktu selama 15 menit berlangsung, lalu 30 menit pengujian berlangsung dalam penelitian ini menjadi $14,7^{\circ}\text{C}$ yang suhunya kembali naik dalam waktu 28 menit.

Pengujian yang dilakukan pada kotak pendingin termoelektrik terjadi penurunan hingga 13°C pada Temperatur T1 dan temperatur sisi T2, namun temperatur T3 dan temperatur T4 mempunyai nilai yang hampir sama yaitu 14°C . T1 dan T3 adalah titik dingin dengan posisi yang sama namun penempatan yang berbeda menggunakan komponen yang sama. Dalam pengujian ini komponen T1 dan T3 memiliki kualitas yang lebih bagus dibandingkan dengan komponen T2 dan T4 yang suhunya dapat di lihat di gambar grafik diatas bahwa T1 dan T3 suhu rata-ratanya lebih rendah.

Pengujian keempat

Pengujian keempat dilakukan pada kotak pendingin termoelektrik berukuran $20\text{cm} \times 10\text{cm} \times 15\text{cm}$ dengan menggunakan tegangan 5V pada TEC-12706 dan tegangan 12V pada kipas



Gambar 16. hasil Pengujian keempat

a. T1 temperatur sisi kiri atas

Pengujian kotak pendingin termoelektrik pada suhu awal yang dimulai saat pengujian $27,5^{\circ}\text{C}$ setelah 15 menit suhu menjadi $17,7^{\circ}\text{C}$ dan pengujian selama 30 menit suhu menjadi $17,3^{\circ}\text{C}$ tidak banyak perubahan yang besar.

b. T2 temperatur sisi kanan atas

Hasil pengujian berlangsung selama 30 menit. pengujian ini dengan suhu awalnya $27,4^{\circ}\text{C}$. selama pengujian berlangsung dalam 15 menit suhu temperatur menjadi 16°C dan selama pengujian berlangsung selama 30 menit temperatur suhu dalam kotak pendingin termoelektrik menjadi $15,3^{\circ}\text{C}$.

c. T3 temperatur sisi kiri bawah

Hasil pengujian kotak pendingin termoelektrik pada titik dingin sisi bawah kiri terjadi penurunan suhu $14,3^{\circ}\text{C}$. penurunan suhu 15°C pada waktu 14 menit. Untuk mencapai suhu $14,5^{\circ}\text{C}$ dalam waktu 22 menit. Pengujian berakhir suhu turun menjadi $14,3^{\circ}\text{C}$ dalam waktu 30 menit.

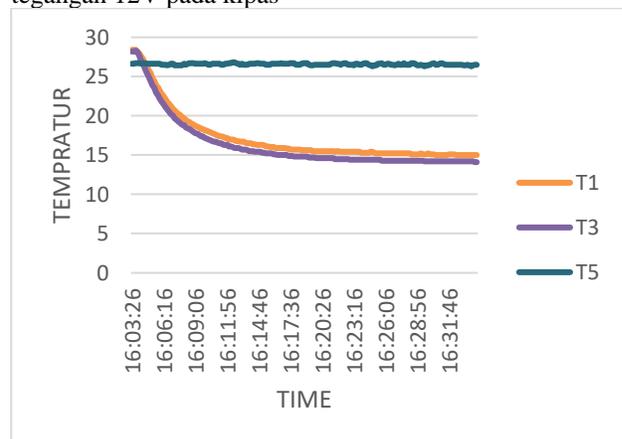
d. T4 temperatur sisi kanan bawah

Pengujian kotak pendingin termoelektrik pada titik dingin sisi kanan bawah mencapai $15,2^{\circ}\text{C}$ dalam waktu 30 menit. Pada waktu 15 menit suhu yang di dapat berada pada $15,8^{\circ}\text{C}$. Suhu normal pada awalnya $26,9^{\circ}\text{C}$ lalu dalam waktu 30 menit suhu dapat turun $15,2^{\circ}\text{C}$.

Hasil pengujian keseluruhan yang dapat dilihat pada gambar diatas tidak banyak perbedaan antara 4 titik yang sudah di tentukan tempatnya. Namun suhu yang lebih dingin berada di sisi dingin bawah. Komponen termo elektrik T1 dan T3 menggunakan komponen yang sama, pengukuran suhu ini terlihat lebih dingin dibandingkan komponen T2 dan T4 yang dapat dilihat pada gambar grafik diatas. Pengujian ini menggunakan daya 5 V pada peltier dan 12 V pada kipas pendingin mampu mendapatkan suhu terendahnya mencapai $14,3^{\circ}\text{C}$ selama pengujian berlangsung.

Pengujian kelima

Pengujian kelima dilakukan pada kotak pendingin termoelektrik berukuran $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 15\text{cm}$ dengan menggunakan tegangan 12V pada TEC-12706 dan tegangan 12V pada kipas



Gambar 17. hasil Pengujian kelima

a. T1 temperatur sisi atas

Hasil pengujian yang dilakukan pada kotak pendingin termoelektrik yang di uji selama 30 menit. Dalam waktu 15 menit suhu sudah dapat turun ke $15,6^{\circ}\text{C}$. suhu yang di dapat hanya mencapai 15°C dalam waktu 27 menit sampai akhir pengujian berlangsung. Suhu awal ruangan pada saat pengujian $28,4^{\circ}\text{C}$ menjadi $15,7^{\circ}\text{C}$ selama 15 menit pengujian berlangsung. Temperatur suhu menjadi 15°C dalam waktu 27 menit, kemudian suhu menjadi naik menjadi $15,1^{\circ}\text{C}$ di waktu 28 menit sampai 30 detik dan suhu Kembali optimal di 15°C sampai pengujian berakhir dalam waktu 30 menit.

b. T3 temperatur sisi bawah

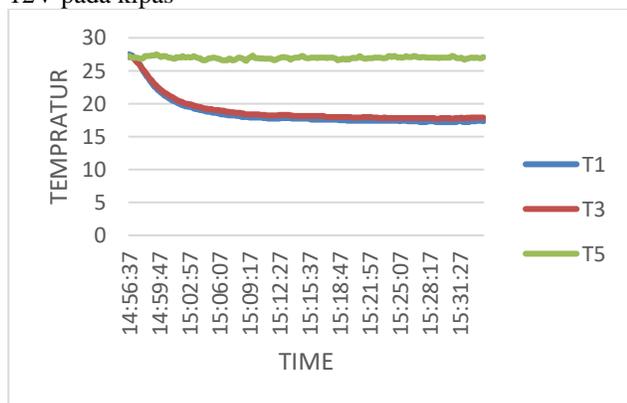
Hasil pengujian pada kotak pendingin pada titik bawah sisi dingin mencapai suhu $14,1^{\circ}\text{C}$ dalam waktu 30 menit, dalam waktu 15 menit suhu turun $14,8^{\circ}\text{C}$ yang suhu awalnya $28,2^{\circ}\text{C}$ di dalam ruangan kotak pendingin. Setelah 15 menit pengujian suhu ruangan kotak pendingin

termoelektrik menjadi 14,8°C dan suhu terus turun menjadi 14,2°C dalam waktu 30 menit pengujian.

Hasil pengujian yang dapat terlihat bahwa titik dingin T2 lebih dingin di dibandingkan T1, dengan suhu ruangan hanya 26°C dan T2 mencapai suhu 14,1°C lebih dingin dibandingkan T1 15°C perbandingannya sekitar 0,9°C. penempatan posisi titik dingin T1 berada di sisi atas dalam kotak yang jaraknya tidak terlalu dekat dengan hembusan kipas pendingin, sedangkan titik dingin T3 yang penempatannya berada di sisi bagian bawah sisi dalam kotak pendingin yang titiknya mengarah langsung dengan kipas pendingin.

Pengujian keenam

Pengujian keenam dilakukan pada kotak pendingin termoelektrik berukuran 10cm x 10cm x 15cm dengan menggunakan tegangan 5V pada TEC-12706 dan tegangan 12V pada kipas



Gambar 17. hasil Pengujian keenam

a. T1 temperatur sisi atas

Pengujian ini dilakukan pada kotak pendingin termoelektrik peltier 5V dan kipas 12V, pada pengujian suhu awal berada di temperatur 27,5°C lalu suhu terus turun dalam waktu 15 menit suhu sudah berada di 17,8°C, namun suhu tidak dapat lebih rendah lagi dikarenakan di sini pengujianya hanya melakukan dengan menggunakan satu buah komponen termoelektrik, suhu paling rendah hanya berada di 17,2°C dan tidak bisa lebih rendah lagi.

b. T3 temperatur sisi bawah

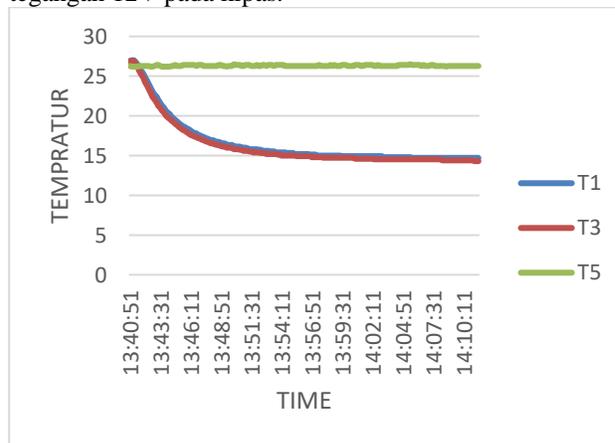
Pengujian ini dilakukan pada kotak pendingin termoelektrik peltier 5V dan kipas 12V yang berada pada titik bawah titik dingin. Suhu awal pengujian yang dilakukan berada pada 27,1°C di dalam kotak pendingin. Suhu 18°C turun pada waktu 20 menit, di pengujian ini suhu hanya berada paling rendahnya 17,9°C tidak lebih dingin dari pada suhu pada titik dingin atas pada gambar 4.31 yang mampu mencapai titik dingin di temperatur 14,2°C.

Dapat dilihat hasil dari data keseluruhan yang telah di peroleh pada pengujian ini. Hasil yang di dapat atau yang telah diperoleh bisa dilihat bahwa T1 atau temperatur sisi dingin lebih dingin dikarenakan titik yang di tempatkan pada kotak pendingin ini lebih dekat dengan suhu dingin yang keluar melalui kipas pendingin. Namun T3 pada grafik ini dapat dilihat suhu yang di dapat lebih tinggi di

bandingkan T1 karena titik dingin yang di tempatkan tidak dekat suhu dingin yang keluar melalui kipas pendingin bagian dalam kotak pendingin termoelektrik. Dapat dilihat grafik ini suhu ruangan yang dilihat tidak ada perubahan yang begitu besar.

Pengujian ketujuh

Pengujian ketujuh dilakukan pada kotak pendingin termoelektrik berukuran 20cm x 10cm x 15cm dengan menggunakan tegangan 12V pada TEC-12706 dan tegangan 12V pada kipas.



Gambar 18. hasil Pengujian ketujuh

a. T1 temperatur sisi atas

hasil dari penelitian kotak pendingin termoelektrik yang menggunakan satu buah komponen peltier 12V dengan kipas pendingin 12V yang akan kita lihat penurunan suhunya dari awal suhu 26,9°C suhu normalnya lalu akan terjadi penurunan suhu di dalam kotak pendingin dengan waktu 15 menit terjadi penurunan menjadi 15,2°C dan dalam waktu 30 menit suhu turun menjadi 14,7°C lumayan dingin untuk ukuran kotak yang Panjang dan hanya menggunakan satu buah komponen termoelektrik.

b. T3 temperatur sisi bawah

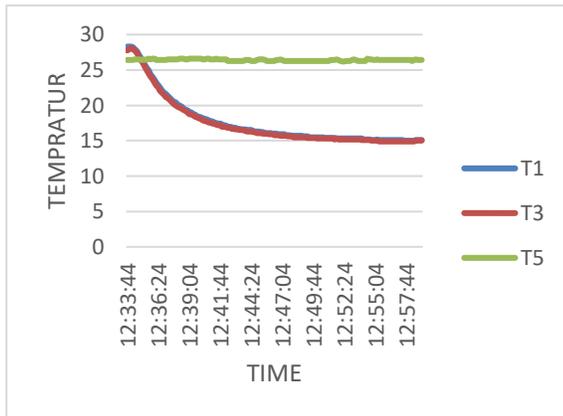
Data penurunan suhu yang terjadi pada kotak pendingin termoelektrik yang menggunakan satu buah komponen 12V dengan kipas pending 12V yang suhu awalnya berada pada temperatur 26,9°C dan suhu turun pada temperatur 14,9°C dalam waktu 15 menit lalu suhu terus turun ke temperatur 14,3°C dalam waktu 30 menit, di sini suhu lebih dingin sedikit dibandingkan hasil pengujian T1 pada gambar 4.35 yang suhunya hanya berada di temperatur 14,7°C.

Pengujian keseluruhan dapat dilihat di grafik diatas bahwa suhu terendah yang didapat pada saat pengujian berlangsung titik dingin T3 menunjukkan suhu yang lebih dingin dikarenakan titik dingin T3 posisi penempatan pengukuran suhu lebih dekat dengan hembusan udara yang di dikeluarkan dari kipas pendingin termoelektrik, sedangkan T1 suhu dingin yang terdeteksi lebih tinggi dibandingkan T3 karena hembusan udara yang di berikan oleh kipas pendingin termoelektrik tidak terlalu mengenai titik dingin T1, sedangkan suhu ruangan diluar kotak pendingin pada

saat pengujian berlangsung dalam waktu 30 menit hanya berada di 26°C.

Pengujian kedelapan

Pengujian ketujuh dilakukan pada kotak pendingin termoelektrik berukuran 20cm x 10cm x 15cm dengan menggunakan tegangan 5V pada TEC-12706 dan tegangan 12V pada kipas



Gambar 19. hasil Pengujian kedelapan

a. T1 temperatur sisi atas

Hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan kotak pendingin termoelektrik dapat dilihat penurunan suhu yang terjadi pada menit ke 15 adalah 15,7°C dari suhu awal yang berada di temperatur 28,3°C, dan suhu terendah pada pengujian ini adalah 15°C tidak begitu dingin untuk ukuran koak pendingin ini yang hanya menggunakan satu buah komponen.

b. T3 temperatur sisi bawah

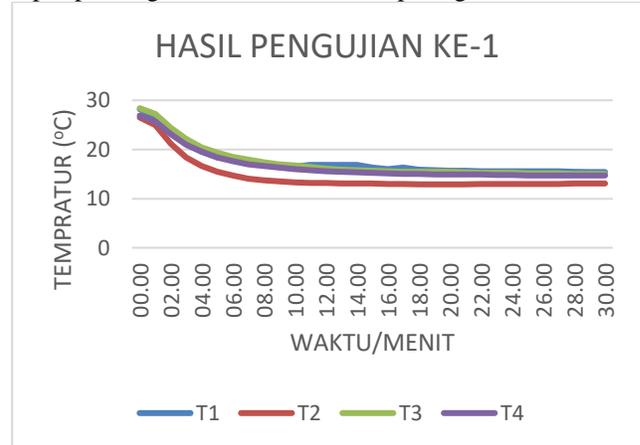
Pengujian yang dilakukan pada kotak pendingin termoelektrik peltier dengan tegangan 5V dan tegangan kipas 12V, pengujian ini dilakukan dalam waktu selama 30 menit berlangsung. Pengujian ini suhu ruangan dalam kotak pendingin termoelektrik peltier 27,8°C dan suhu turun menjadi 15,9°C dalam waktu 15 menit, suhu terendah dalam pengujian ini mencapai ke temperatur 14,9°C dalam waktu 22 menit sampai 25 menit kemudian suhu naik menjadi 15°C sampai pengujian berakhir dalam waktu 30 menit.

Pada gambar 4.40 hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar grafik diatas yang terlihat bahwa T1 dan T3 terjadi penurunan yang tidak terlalu jauh berbeda pada saat pengujian yang dilakukan pada kotak pendingin termoelektrik yang menggunakan daya peltier sebesar 5V dan daya kipas pendingin 12V, suhu yang dihasilkan hanya mencapai 15,1°C untuk T1 dan suhu T3 hanya mencapai 15°C lebih rendah 0,1°C dibandingkan T1. Dan untuk suhu ruangan yang dilakukan pada saat pengujian berlangsung selama 30 menit di waktu siang hari pada pukul 12.33 WIB sampai dengan selesai.

PERBANDINGAN DATA PENELITIAN

Data penelitian 12V peltier TECH – 12706 dan kipas 12V

Di dalam grafik perbandingan ini pengujian pengumpulan data dari empat buah jenis box pendingin yang sudah dilakukan penelitian selama delapan kali pengujian dengan menggunakan tegangan peltier 12V dan kipas pendingin 12V akan kita lihat pada gambar dibawah



Gambar 20. Hasil pengujian temperatur (°C) perbandingan suhu dingin di dalam kotak pendingin berbasis termoelektrik 12V

Pada gambar 19 dapat dilihat hasil yang telah dikumpulkan pada saat pengujian selama delapan kali pengujian dengan menggunakan tegangan 12V pada semua komponen. Di dalam grafik perbandingan ini sangat terlihat suhu terendah berada pada titik T2 karena T2 memiliki ukuran kotak yang ideal untuk sebuah kotak pendingin berbasis termoelektrik yang menggunakan dua buah komponen dengan menggunakan tegangan 12V.

T1 dapat dilihat ada penurunan dan kenaikan suhu yang terjadi pada saat pengujian berlangsung dapat dilihat pada gambar 20, di waktu 9 menit terjadi kenaikan suhu atau komponen peltier tidak melepaskan dinginnya seperti tidak bekerja, namun di waktu 19 menit suhu kembali optimal dan stabil, ukuran kotak pendingin T1 adalah 20cm x 20cm x 15cm ini adalah ukuran kotak terbesar di saat pengujian.

T3 adalah kotak pendingin dengan ukuran 10cm x 10cm x 15cm ini adalah ukuran kotak terkecil pada saat pengujian, namun di kotak ini tidak bisa menggunakan dua buah komponen termoelektrik hanya dapat menggunakan satu buah, namun suhu yang dihasilkan tidak begitu dingin dibandingkan dengan T2 dengan ukuran kotak 10cm x 20cm x 15cm yang ideal untuk kotak pendingin dengan menggunakan dua buah komponen.

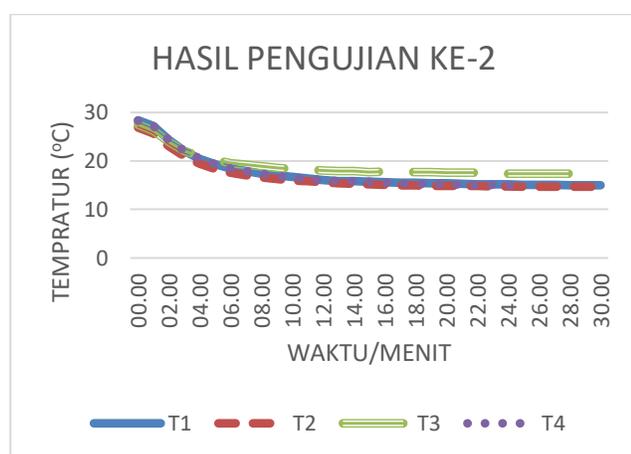
Sedangkan untuk T4 yang menggunakan kotak pendingin dengan ukuran 20cm x 10cm x 15cm yang menggunakan satu buah komponen termoelektrik yang di tempatkan di belakang kotak tidak bisa menggunakan dua buah komponen termoelektrik mendapatkan suhu ke dua terdingin pada akhir pengujian berlangsung selama 30 menit.

Untuk T1 mampu mendapatkan suhu terendah mencapai 15,4°C, T2 mampu mendapatkan suhu terendah mencapai 13°C, T3 mampu mendapatkan suhu terendah mencapai 15°C, dan yang terakhir T4 mampu mendapatkan suhu terendah 14,7°C.

Dapat dilihat hasil penelitian yang sudah dilakukan bahwa T1, T2, T3, dan T4 adalah T2 yang mendapatkan suhu terdingin setelah melakukan pengujian dengan empat buah jenis kotak.

Data penelitian 5V peltier TECH – 12706 dan kipas 12V

Di dalam grafik pengujian perbandingan pengumpulan data dari empat buah jenis box pendingin yang sudah dilakukan penelitian selama delapan kali pengujian dengan menggunakan daya peltier 5V dan kipas pendingin 12V akan kita lihat pada gambar dibawah



Gambar 21. Hasil pengujian temperatur (°C) perbandingan suhu dingin di dalam kotak pendingin berbasis termoelektrik 5V

Pada gambar 21 dapat dilihat hasil pengujian yang telah diteliti pada gambar diatas dengan menggunakan empat buah jenis kotak daya 5V pada peltier dan kipas 12V.

T1 pendingin dengan ukuran kotak 20cm x 20cm x 15cm dengan pengujian menggunakan peltier daya 5V dan kipas daya 12 yang dilakukan selama 30 menit yang mampu menghasilkan suhu terendah mencapai 15°C

T2 pendingin dengan ukuran kotak 10cm x 20cm x 15cm dengan pengujian yang dilakukan selama 30 menit dapat menghasilkan suhu terendah mencapai 14,7°C, ini adalah suhu terendah dibandingkan dengan semua ukuran kotak yang telah di uji.

T3 pendingin dengan ukuran kotak 10cm x 10cm x 15cm dengan pengujian yang dilakukan selama 30 menit. Kotak pendingin ini hanya menggunakan satu buah komponen termoelektrik peltier yang di tempatkan dibelakang kotak pendingin dikarenakan hanya mampu menampung satu buah komponen tidak bisa lebih. T3 ini hanya mampu mencapai titik dingin terendah 17,3°C yang di bilang tidak begitu dingin dibandingkan dari semua jenis kotak yang sudah di teliti pada pengujian ini.

T4 pendingin ini adalah pengujian terakhir yang dilakukan dengan ukuran kotak 20cm x 10cm x 15cm dengan pengujian yang dilakukan selama 25 menit, pengujian ini dilakukan selama 25 menit dikarenakan ada *trouble!* atau masalah yang terjadi namun tidak bisa dilanjutkan karena keterbatasan waktu. T4 ini dapat mencapai titik suhu terendah 15,1°C, suhu dingin ini adalah suhu terendah ke tiga dari semua jenis kotak yang telah di uji.

Pada semua pengujian yang dilakukan terhadap 4 buah kotak yang menggunakan daya peltier 5V dengan daya kipas 12V kotak dengan ukuran 10cm x 20cm x 15cm adalah kotak yang mendapatkan suhu yang optimal atau lebih dingin di bandingkan semua jenis kotak T1, T3, dan T4. Hasil merupakan bagian utama artikel ilmiah, berisi: hasil bersih tanpa proses analisis data, hasil pengujian hipotesis. Hasil dapat disajikan dengan tabel atau grafik, untuk memperjelas hasil secara verbal

Pembahasan merupakan bagian terpenting dari keseluruhan isi artikel ilmiah. Tujuan pembahasan adalah: Menjawab masalah penelitian, menafsirkan temuan-temuan, mengintegrasikan temuan dari penelitian ke dalam kumpulan pengetahuan yang telah ada dan menyusun teori baru atau memodifikasi teori yang sudah ada.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dalam penelitian kotak pendingin berbasis termoelektrik yang sudah dianalisa sebagai berikut: Dalam ke empat jenis kotak yang dapat di gunakan dengan suhu yang optimal adalah T2 dengan ukuran kotak 10cm x 20cm x 15cm adalah ukuran kotak yang ideal untuk kotak pendingin. Termoelektrik kotak pendingin ini bisa digunakan dan dapat dibawa kemana-mana tidak banyak memakan tempat dan hemat listrik. Hasil Analisa kotak pendingin yang telah di uji ini dengan dengan menggunakan kotak T2 mampu mencapai suhu 12,9°C dengan menggunakan daya 12V. Dari hasil pengujian dengan menggunakan empat buah kotak dan dua buah variasi daya, kotak pendingin termoelektrik yang optimal adalah T2 dengan menggunakan tegangan 12 V dibandingkan dengan T2 yang menggunakan tegangan 5 V.

DAFTAR PUSTAKA

1. R., Anwar, S. and Sari, S. P. (2014) 'Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin', *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 10(4), pp. 180–185. doi: 10.17529/jre.v10i4.1108.
2. Amrulah (2013) 'Uji eksperimental kinerja termoelektrik pada pendingin dispenser air minum', *Tesis*, pp. 1–132.
3. Ansyori (2017) 'RANCANG BANGUN SISTEM GENERATOR TERMOELEKTRIK SEDERHANA SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN

- METODE SEEBECK EFFECT SKRIPSI Oleh : ANSYORI’.
4. Aziz, A., Subroto, J. and Silpana, V. (2015) ‘Aplikasi modul pendingin termoelektrik sebagai media pendingin kotak minuman’, *Technology*, pp. 1–7.
 5. ‘bola-termoelektrik-untuk-meningkatkan-efisiensi-modul-termoelektrik’ (no date).
 6. Delly, J., Hasbi, M. and Alkhoiron, I. fitra (2016) ‘Studi Penggunaan Modul Thermoelektrik Sebagai Sistem Pendingin Portable’, *ENTHALPY – Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 1(1), pp. 50–55.
 7. Haris, E. *et al.* (2019) ‘KARAKTERISTIK UNJUK KERJA PANAS PADA GENERATOR’, pp. 262–271.
 8. Horizons, S. *et al.* (2018) ‘No Title小児発熱性疾患におけるプロカルシトニンの臨床的意義の検討 ～川崎病を中心に～’, *Journal of Business Ethics*, 14(3), pp. 37–45.
 9. Ilham, M. M. (2017). ‘Program Studi Teknik Mesin Fakultas’, 01(03), pp. 4–15.
 10. Jatmiko, A. W. *et al.* (2014) ‘Kotak pendingin berbasis thermoelectric tugas akhir’.
 11. Jurusan, P., Industri, T. and Teknologi, F. (2018) ‘Tugas akhir’.
 12. Khalid, M., Syukri, M. and Gapy, M. (2016) ‘Pemanfaatan Energi Panas Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil Dengan Menggunakan Termoelektrik’, *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, 1(3), pp. 57–62.
 13. Khoiriyah, K. (2018) ‘Sinar Matahari’, *Rancang Bangun Dan Karakteristik Generator Termoelektrik Dengan Menggunakan Energi Panas Sinar Matahari*, pp. 317–322.
 14. Listrik, M. and Akumulator, D. (2018) ‘Pengaruh beban pendinginan minuman kaleng terhadap suhu pada kotak pendingin berbasis termoelektrik dengan menggunakan listrik dari akumulator’, (CI), pp. 247–252.
 15. Mainil1, R. I., Aziz1, A. and M2, A. K. (2015) ‘Penggunaan Modul Thermoelectric sebagai Elemen Pendingin Box Cooler’, *Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri Kampus ITENAS*, 1(December), pp. 44–49. doi: 10.13140/RG.2.1.2003.3685.
 16. Maiti and Bidinger (1981) ‘済無No Title No Title’, *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp. 1689–1699.
 17. Pradana, M. A. and Widyartono, M. (2019) ‘Pototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Aluminium, Kuningan Dan Seng’, *Jurnal Teknik Elektro*, 9(2), pp. 251–258.
 18. Puspita, S. C., Sunarno, H. and Indarto, B. (2017) ‘Generator Termoelektrik untuk Pengisian Aki’, *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 13(2), p. 84. doi: 10.12962/j24604682.v13i2.2748.
 19. Putra, N. *et al.* (2009) ‘Kendaraan Hibrid’, *Makara teknologi*, 13(2), pp. 53–58.
 20. Rifky, R. and Sirodz, Y. (2020) ‘Pengembangan Model Pendingin Kabin City Car Bertenaga Surya Menggunakan Photovoltaics (PV) dan Thermoelectric (TEC)’, *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister ...*, 10(1), pp. 34–40.
 21. Umboh, R. (2012) ‘Perancangan Alat Pendinginan Portable Menggunakan Elemen Peltier’, *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 1(3), pp. 1–6.
 22. Utara, U. S. (2003) ‘Universitas Sumatera Utara 4’, pp. 4–16.
 23. Wikipedia (2017) ‘Generator termoelektrik’, p. 1.