

P-31

**PEMANFAATAN PELTIER SEBAGAI SISTEM PENDINGINAN UNTUK
MEDICINE COOLER BOX**

**UTILIZATION OF PELTIER AS A COOLING SYSTEM FOR
MEDICINE COOLER BOX**

Eko Yudiyanto¹, Satworo Adiwidodo², R. N. Akhanu Takwim³.

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang Jl. Sukarno Hatta No 09 Malang Indonesia 65141

*email: eko.yudiyanto@polinema.ac.id

Diterima 03-10-2020	Diperbaiki 07-10-2020	Disetujui 7-12-2020
---------------------	-----------------------	---------------------

ABSTRAK

Peralatan pendingin merupakan kebutuhan yang penting dalam dunia medis. Penggunaan peltier sebagai peralatan pendingin merupakan energi alternatif yang bersih dan aman. Dalam penelitian ini telah dilakukan observasi proses pendinginan yang terjadi pada peralatan cooler box. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen. Prototype cooler box dikembangkan untuk proses observasi. Permasalahan yang diteliti adalah pengaruh kecepatan pendinginan cooler box terhadap pemanfaatan radiator untuk menciptakan temperatur yang tepat untuk penggunaan cooler box. Dari observasi dapat diamati bahwa dengan mempertahankan temperatur sisi panas peltier pada suhu lingkungan, maka dapat diperoleh temperatur kerja pendinginan yang rendah. Temperatur sisi dingin dibawah 0 derajat. Untuk kondisi cooler box dengan radiator mampu mencapai temperatur kerja -3 sampai -4°C. Grafik penurunan temperatur berlangsung dengan cepat secara eksponensial hingga mencapai temperatur terendah. Pemindahan panas dapat dilakukan dengan penggunaan radiator pada perangkat sistem peltier.

Kata kunci: Peltier, cooler box, energi alternatif, peralatan pendingin.

ABSTRACT

Cooling equipment is an important requirement in the medical. The use of peltier as cooling equipment is a clean and safe alternative energy. In this research, the observation of the cooling process that occurs in cooler box equipment has been measured. The research was conducted by using the experimental method. The prototype cooler box was developed for the observation process. The problem studied is the effect of coolbox cooling speed on radiator utilization to create the right temperature for the use of the cooler box. From the observations it can be observed that by maintaining the hot side temperature of the peltier at ambient temperature, a low cooling working temperature can be obtained. Cold side temperature below 0 degrees. For cooler box conditions with a radiator, it can reach a working temperature of -3 to -4°C. The graph of the temperature decrease as exponentially until it reaches the lowest temperature. Heat transfer can be done by using a radiator in the peltier system device.

Keywords: Peltier, cooler box, alternative energy, cooling equipment.

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi semakin berkembang sangat pesat pada kehidupan manusia di era modern ini. Hal ini ditandai dengan adanya berbagai peralatan yang ramah lingkungan. Salah satu usaha pengembangan peralatan ramah lingkungan adalah dengan

penggunaan elemen peltier pada cooler box. Elemen peltier ini ramah lingkungan karena tidak menggunakan gas freon untuk proses pendingin, sehingga tidak merusak lingkungan. Pengamatan mengenai peltier telah dilakukan oleh banyak peneliti berkaitan dengan performansi dan pemanfaatannya [1,2].

Kemampuan peltier sebagai pendingin dapat digunakan sebagai pendingin portabel [3]. Penelitian berkaitan dengan kontrol peltier untuk pendingin dan pemanas [4]. Pemanfaatan peltier sebagai pendingin sangat banyak dibutuhkan dalam berbagai keperluan, diantaranya adalah *portable cooler box* untuk medis. Produk ini menggunakan elemen peltier pada bagian pendinginnya untuk menurunkan suhu ruangan. Elemen ini akan bekerja dengan mengalirkan arus listrik ke lempengan plat semikonduktor yang terdapat di dalamnya, Proses ini yang membuat *cooler box* mampu menghasilkan temperatur yang cukup dingin.

Keuntungan rancangan *cooler box* dengan peltier sebagai pendingin antara lain tidak menghasilkan suara berisik. *Cooler box* dengan elemen peltier tidak lagi menggunakan komponen kompresor, evaporator, katup ekspansi dan refrigeran. *Cooler box* dapat ditempatkan dalam posisi apapun baik posisi berdiri, miring, terbalik. *Cooler box* aman digunakan karena tanpa bahan kimia seperti freon, sehingga aman untuk lingkungan. Pendinginan menggunakan peltier tidak ada bagian yang bergerak, sehingga sangat sedikit atau bahkan tidak memerlukan perawatan. Hal ini sangat ideal untuk penggunaan yang mungkin sensitif terhadap getaran mekanis pendinginan. Kelebihan lain sistem pendingin ini adalah mudah dikontrol karena dikendalikan dengan tegangan dan arus yang mudah di kontrol. Sistem pendingin peltier dapat memberikan pendinginan dibawah suhu lingkungan. Keuntungan lain sistem pendingin peltier memiliki dimensi yang kecil. Untuk mengetahui performansi, mengamati pengaruh kecepatan aliran fluida terhadap capaian suhu optimal untuk menghasilkan proses pendinginan yang baik [5,6]. Sedangkan pengembangan penelitian peltier menggunakan *water cooling* dapat digunakan meningkatkan performansi pendinginan [7].

Penggunaan peltier sebagai peralatan pendingin merupakan alternatif energi yang bersih dan aman. Pemakaian peltier dapat digunakan sebagai peralatan praktis [8]. Dalam penelitian ini telah dilakukan pengukuran proses pendinginan yang terjadi pada peralatan *cool box* yang dirancang. Permasalahan yang diteliti adalah pengaruh kecepatan pendinginan *cool box* terhadap pemanfaatan radiator untuk menciptakan temperatur yang tepat untuk penggunaan *cooler box*.

Elemen peltier melakukan proses pendinginan untuk menghasilkan suhu dingin

yang diinginkan. Elemen peltier membutuhkan sistem pendinginan yang baik karena elemen peltier menghasilkan dua suhu yaitu panas dan dingin. Untuk sistem pendingin pada elemen peltier terdiri dari bagian yaitu, radiator, *water block*, air pendingin, dan pompa. Dengan menggunakan sistem pendingin *water cooling* dapat mendinginkan elemen peltier dengan ideal.

Efek Seebeck

Efek seebeck terjadi ketika dua logam berbeda yang dihubungkan. Suhu sambungan logam pertama digunakan sebagai referensi dan dipertahankan pada suhu yang dingin (T_C). Suhu persimpangan di logam ke dua digunakan sebagai suhu yang lebih tinggi. Kondisi tersebut akan menghasilkan tegangan (E_{out}) akan muncul di terminal T_1 dan T_2 . Arus listrik akan mengalir terus menerus di sirkuit tertutup ini. Tegangan ini dikenal sebagai Seebeck EMF, dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$E_{out} = \alpha(T_H - T_C) \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{dE}{dT} = (\alpha_A - \alpha_B) \quad (2)$$

Dimana, α adalah koefisien diferensial Seebeck atau (koefisien daya termo listrik) di antara keduanya bahan, bahan A dan bahan B, positif bila arah arus listrik sama dengan arah termal saat ini, (volt per °K). E_{out} adalah tegangan keluaran (volt), dan T_H dan T_C adalah suhu termokopel panas dan dingin, masing-masing, (°K).

Efek Peltier

Efek Peltier merupakan fenomena yang berlawanan dengan Efek Seebeck. Energi panas dapat diserap di satu sisi logam yang berbeda dan dibuang di sisi lain ketika arus listrik mengalir di dalam sirkuit tertutup. Rangkaian termokopel dimodifikasi untuk mendapatkan konfigurasi berbeda yang menggambarkan Efek Peltier. Jika tegangan (E_{in}) diberikan pada terminal T_1 dan T_2 , arus listrik (I) akan mengalir di sirkuit dan menghasilkan sedikit efek pendinginan (Q_C) akan terjadi di sambungan termokopel A. Efek pemanasan (Q_H) akan terjadi di persimpangan B di mana panas dikeluarkan. Efek ini dapat dibalik dimana perubahan arah aliran arus listrik akan membalik arah aliran panas. Pemanasan yang besarnya $I^2 \times R$, juga terjadi pada konduktor sebagai akibat aliran arus, dimana R adalah hambatan listrik. Efek pemanasan Joule ini

bekerja berlawanan dengan Efek Peltier dan menyebabkan pengurangan dari pendinginan. Efek Peltier dapat dinyatakan secara matematis sebagai berikut:

$$Q_H = \beta \times I = (\alpha T) \times I \quad (3)$$

Dimana β adalah koefisien differential Peltier antara dua material A dan B. aliran arus listrik dinyatakan dalam I, dengan satuan ampere. Laju pendinginan Q_C dan pemanasan Q_H dinyatakan dalam watt. Koefisien peltier β memiliki pengaruh penting pada pendinginan Termoelektrik dinyatakan bahwa ketika $\beta < 0$ maka Koefisien Peltier Negatif. Elektron berenergi tinggi bergerak. Arus termal dan arus listrik bergerak mengalir berlawanan arah. Ketika $\beta > 0$, maka Koefisien Peltier positif sehingga energi tinggi bergerak arus termal dan arus listrik mengalir searah

Termoelektrik yang sesuai untuk suatu aplikasi, bergantung pada setidaknya tiga parameter. Parameter tersebut adalah suhu permukaan panas (T_H), suhu permukaan dingin (T_C), dan beban panas yang akan diserap pada permukaan dingin (Q_C). Sisi panas termoelektrik adalah sisi di mana panas dilepaskan ketika diberi daya DC. Sisi ini dipasang ke unit pendingin. Saat menggunakan heat sink berpendingin udara (konveksi alami atau paksa) suhu sisi panas dan perpindahan panasnya dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan

$$T_H = T_{amb} + \theta Q_H \quad (4)$$

Dimana T_H adalah temperatur sisi panas, T_{amb} adalah temperatur ambient dan θ = tahanan thermal heat exchanger ($^{\circ}\text{C}/\text{watt}$).

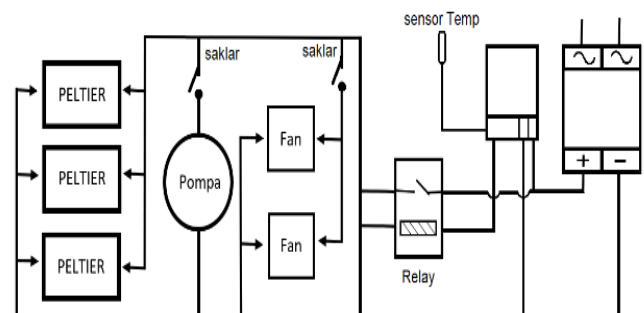
$$Q_H = Q_C + P_m \quad (5)$$

Nilai Q_C merupakan beban panas sulit diserap dari sisi dingin, karena semua beban termal dalam desain harus diperhatikan. Di antara beban termal tersebut adalah (1) beban aktif, yaitu beban panas I^2R dari perangkat elektronik, Setiap beban yang ditimbulkan oleh reaksi kimia. (2) beban pasif yang merupakan baban pendinginan yang terjadi karena kondisi lingkungan antara lain, radiasi, konveksi, isolasi, konduksi dan transien. Radiasi yang menyebabkan kehilangan panas antara dua benda dekat dengan suhu berbeda. Konveksi yaitu kehilangan panas melalui udara, dimana udara memiliki temperatur yang berbeda dari benda. Kerugian isolasi terjadi karena hilangnya kalor pada sistem isolasi. konduksi yaitu kehilangan panas melalui kabel, sekrup

dan benda lain yang bersinggungan. Kerugian karena beban transien terjadi waktu yang dibutuhkan untuk mengubah suhu suatu benda. Dengan keseimbangan energi yang melintasi persimpangan panas dan dingin yang dihasilkannya. Dengan keseimbangan energi yang melintasi persimpangan panas dan dingin yang dihasilkannya.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan membangun prototype pendingin. Dengan volume $10 \times 20 \times 30$ cm. Untuk menjalankan pengujian, maka dilakukan dengan merangkaikan komponen komponen yang telah di siapkan. Dengan rangkaian yang tertera pada Gambar 1. Fungsi komponen-komponen rangkaian listrik *cool box* terdiri dari *Power supply*, Kontrol temperatur, Sensor temperatur, relay, fan, peltier dan radiator. Power supply berfungsi untuk konverter tegangan listrik 220v (AC) ke 12v (DC), berfungsi untuk memberi sumber tegangan kekomponen elektronik yang ada dalam *cool box* sistem peltier. Kontrol temperatur sebagai pengendali relay kapan waktunya terhubung dan terputus, jika ingin mengganti temperatur yang ada didalam *cooler box*. Sensor suhu, untuk memberi parameter ke kontrol suhu agar tau kapan waktunya relay on dan off, sensor ini biasa dipasang ke sumber dingin/elemen peltier. Relay berfungsi sebagai saklar magnetik yang cara kerjanya menggunakan muatan listrik sebagai sumber daya. Fan berfungsi sebagai alat untuk membantu melepas kalor yang ada dalam radiator, supaya pendinginan yang ada di *cooling system* dapat bekerja secara maksimal. Peltier sebagai komponen semikonduktor yang akan menghasilkan suhu dingin dan panas jika dialiri arus listrik, suhu dingin ini yang digunakan dalam pembuatan *cooler box* ini.



Gambar 1. Rancangan susunan peralatan pendingin peltier

Untuk menguji rancangan dilakukan dengan membangun sebuah *prototype cooler box* sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2. *Prototype* dibuat untuk melakukan pengukuran secara empiris sehingga diperoleh data performansi kemampuan proses pendinginan. *Prototype* dilengkapi dengan peralatan penukar panas radiator untuk membuang panas dari sisi sisi peltier.



a.



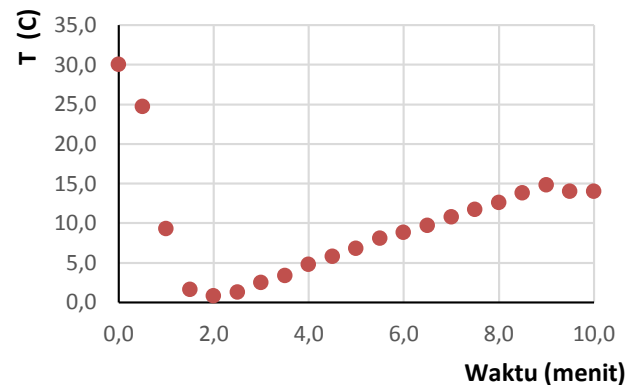
b.

Gambar 2. *Prototype cooler box* pendingin peltier
a. Ruang pendingin dalam *cooler box* b. Radiator untuk mendinginkan sisi panas peltier

HASIL DAN PEMBAHASAN

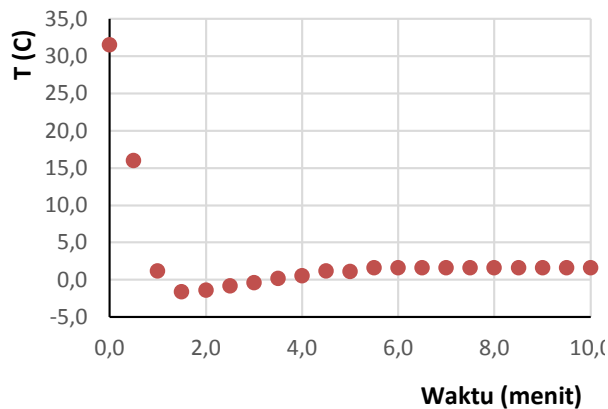
Hasil pengukuran suhu sisi pendingin heatsink pada *cooler box* menunjukkan perbedaan kondisi antara pemberian perlakuan pemberian penukar kalor dengan tidak. Pada pengamatan pada t sampai 10 menit pada penggunaan 3 elemen peltier. Dari ketiga perlakuan menunjukkan bahwa penggunaan 3 buah TEC menghasilkan capaian suhu yang rendah ketika temperatur sisi panas dapat didinginkan secara optimal. Capaian suhu heatsink pada tiap TEC juga dipengaruhi volume ruang pendinginan serta jumlah TEC dalam ruang pendingin. Makin kecil volume mengakibatkan jumlah panas yang berpindah juga makin sedikit sehingga menghasilkan suhu yang rendah, Gambar 3 menunjukkan kecepatan pendinginan peltier tanpa pendingin sisi panas. Panas yang dipindahkan peltier ke

sisi dingin tidak dapat dipindahkan secara optimal, dampak yang terjadi ketika temperatur sisi panas mengalami kenaikan, panas tersebut akan menyebabkan kemampuan melakukan pendinginan di ruang menjadi berkurang. Seiring dengan semakin tinggi panas yang dihasilkan, maka akan menghasilkan gangguan pendinginan dalam ruang pendingin. Temperatur ruangan akan naik dari temperatur $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ meningkat sampai $15\text{ }^{\circ}\text{C}$.



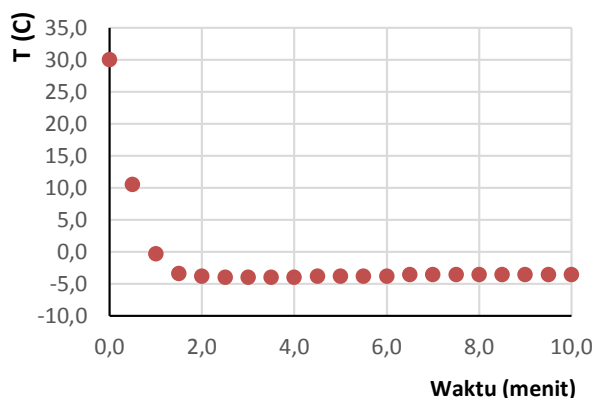
Gambar 3. Kecepatan pendinginan peltier tanpa pendingin sisi panas

Usaha menjaga temperatur sisi panas agar tidak meningkat dapat mempertahankan kemampuan proses pendinginan. Ketika proses pendinginan bergerak turun, sisi panas peltier akan mengalami pemanasan. Proses pembuangan panas akan berlangsung lebih baik. Gambar 4 menunjukkan kondisi ketika sisi dingin peltier diberikan *water block* untuk menyerap panas. Sirkulasi yang dibuat secara tertutup tanpa penambahan fan pendingin dan radiator. Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa, akan terjadi kenaikan temperatur pada sisi dingin akan menurun dengan cepat, namun akan meingkat lagi secara perlahan. Kondisi ini terjadi karena kemampuan pembuangan panas dengan hanya mensirkulasikan air pada sikulasi tertutup. Temperatur kerja ruangan berkisar antara $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $2\text{ }^{\circ}\text{C}$.



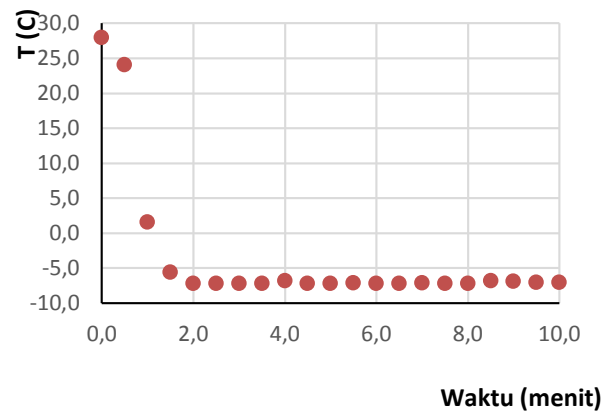
Gambar 4. Kecepatan pendinginan peltier dengan pendinginan air sirkulasi tanpa radiator.

Penambahan radiator pada pendinginan sisi panas peltier menghasilkan kemampuan pendinginan yang lebih optimal. Penambahan radiator untuk mendinginkan air dari *waterblock* meningkatkan performansi pendinginan. Gambar 5 menunjukkan kecepatan pendinginan peltier dengan pendinginan air dengan radiator menghasilkan temperatur yang lebih dingin dibandingkan dengan tanpa penambahan radiator. Setelah penurunan dari temperatur ruang, temperatur kerja peltier berkisar pada temperatur -3 sampai -4 °C.



Gambar 5. Kecepatan pendinginan peltier dengan pendinginan air dengan radiator.

Usaha meningkatkan kemampuan pendinginan diusahakan dengan mencoba mengganti sistem pendingin dengan air dingin dari sumber tanpa sirkulasi. Temperatur air dingin 18 °C. Dengan mempertahankan temperatur sisi dingin dengan air diperoleh temperatur kerja sampai -6 °C. Gambar 6 menunjukkan grafik temperatur kerja peltier dalam mendinginkan ruang *cooler box* yang dirancang.



Gambar 6. Kecepatan pendinginan peltier dengan pendinginan air dingin.

Dari Gambar 6 dapat diketahui dari temperatur ruangan, pendingin mengalami penurunan temperatur dengan cepat. Dengan waktu 2 detik pendingin mencapai suhu di bawah 0 °C, selanjutnya bekerja pada temperatur kerja.

KESIMPULAN

Penggunaan peltier sebagai peralatan pendingin merupakan alternatif energi yang bersih dan aman. Dalam penelitian ini telah dilakukan pengukuran proses pendinginan yang terjadi pada peralatan *cooler box* yang dirancang. Permasalahan yang diteliti adalah pengaruh kecetapan pendinginan *cooler box* terhadap pemanfaatan radiator untuk menciptakan temperatur yang tepat untuk penggunaan *cooler box*. Dari kondisi yang terjadi dapat diambil kesimpulan sementara, bahwa dengan adanya penggunaan radiator yang dapat mempertahankan temperatur sisi panas peltier, maka dapat diperoleh temperatur kerja pendinginan yang cukup rendah berkisar dibawah 0 °C. Untuk kondisi *cooler box* dengan radiator mampu mencapai temperatur kerja -3 sampai -4 °C. Kondisi ini cukup untuk penyimpanan beberapa jenis obat yang memerlukan pendinginan.

SARAN

Dalam perancangan pendingin berbasis peltier ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain adalah sebagai berikut: (1) Sisi pendingin peltier hendaknya sedekat mungkin dengan sasaran objek yang di dinginkan, sehingga kemampuan pemindahan kalor akan berlangsung dengan lebih efektif. (2) Sisi panas pada peltier diusahakan agar dapat di dinginkan secara efektif, karena kemampuan proses

pendinginan tergantung dengan kemampuan pembuangan panas yang terjadi pada sisi panas peltier.

Peltier Electric Cooler (PEC)", *Journal of The Community Development In Asia*, Vol 1, No 1 (2018)

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada UPT. Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Negeri Malang yang memberikan kesempatan melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. J. Delly, M, Hasbi, I.F. Alkhoiron, "Studi Penggunaan Modul Termoelektrik Sebagai Sistem Pendingin Portable", *Jurnal Enthalpy* Vol. 1, No.1 Mei 2016, E-Issn:2502-8944
2. A. Munib, A. P. Budijono, "Rancang Bangun Pendingin Ruang Portable Dengan Memanfaatkan Efek Perbedaan Suhu Pada Thermo Electric Cooler (TEC)" *Jrm.* Volume 03 Nomor 01 Tahun 2015, 100-109
3. A. K. Mainil, A. Azridjal, M. Akmal, "Portable Thermoelectric Cooler Box Performance With Variation of Input Power And Cooling Load", *Aceh Int. J. Sci. Technol.*, 7(2): 85-92 August 2018 Doi: 10.13170/Aijst.7.2.8722
4. D. Wahyu, H. Andriyanto, R. Sukma, Y. Rosa, "Kajian Eksperimental Alat Multi Fungsi Bercatu Daya Termoelektrik Untuk Pendinginan dan Pemanasan", *Jurnal Rotor*, Edisi Khusus No. 2, Desember 2016
5. K.U.Bramantyo, I.M. Arsana, "Aplikasi Pendingin Elektrik TEC1-12706 Dan Tec1-12715 Dengan Heatsink Pada Cooler Box Semi Konduktor" *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol 5, No 2 tahun 2019
6. P. Riandika, N.A. Wigraha, I.N.P. Nugraha, "Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Terhadap Capaian Suhu Optimal Hasil Rancangan Coolbox Zero Pollution" *Jjtm Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, Vol. 6 No. 3, November 2018
7. B.P.A. Sedayu, I.M. Arsana, "Aplikasi Pendingin Elektrik Tec1-12706 Dengan Water Cooling Pada Cooler Box Berbasis Semikonduktor", *JRM.* Volume 04 Nomor 02 Tahun 2017, hal 61-66
8. D. Cahyo, M..Rifandiansyah, J.M. Saputra, "Fish Colling Box Equipped With