

PENAMBAHAN FITUR *GREEN COOL-HOT BOX* PADA SKUTER LISTRIK TIPE SUPER E-BIKE MODEL ES-009 BERBASIS TERMOELEKTRIK

Mohamad A Muhidin¹, Awaludin Martin²

Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

muhammad_amuhidin07@yahoo.com, awaludinmartin@yahoo.com

Abstrak

The addition of green cool-hot box on the electric scooter that has a cooling feature, require a refrigeration unit that is able to be applied on the electric scooter. Peltier elements selected for use as a cooler in the cool green because of the small box that can be operated on electric scooter box has limited space and can also be operated at a voltage of 12 volts . The design is done in this case is to modify the existing back box on an electric scooter. Peltier element used is type TEC1 12706. The ability of cold side Peltier element is utilized for cooling process in electric scooter box .Lowest temperature green cool box with dissipates heat from the hot side to environment without load of water is 13,8°C . and with a maximum load of 960 ml of water was 20,6°C . Utilization of waste heat from the hot side of the heat sink for space heating will affect the cooling process in the refrigerator. The temperature of the cooling chamber will be increase when compared to the temperatur of the hot side heatsink discharged into the Environment.

Kata Kunci : Element Peltier, Thermoelectric, Cool-hot box, COP

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Sekuter listrik diproduksi dengan berbagai macam fitur tambahan, box merupakan salah satu fitur tambahan pada skuter listrik yang diletakan di belakang jok yang berfungsi untuk menyimpan barang-barang baik berupa makanan dan minuman ataupun peralatan perkakas. Kotak Pendingin atau *Cool box*, merupakan sebuah alat yang sudah banyak digunakan dan dimanfaatkan untuk menyimpan bahan-bahan yang memerlukan kondisi dingin agar bahan-bahan tersebut terjaga kesegaran dan kualitasnya, seperti bahan makanan, minuman, digunakan juga untuk vaksin, darah dan lain sebagainya. Biasanya, dalam proses pendinginan dengan metode siklus kompresi uap sudah banyak digunakan jenis refrigeran untuk membantu proses pendinginan seperti refrigeran jenis R22, R134a, R12 dan lain sebagainya. Jenis refrigeran ini sudah diteliti ternyata dapat merusak lingkungan yaitu merusak lapisan ozon sehingga dapat menimbulkan pemanasan global. Untuk itu, penggunaan sistem pendinginan konvensional ini kurang efektif jika diaplikasikan pada *cool box*. Maka, perlu dicari sistem pendingin yang dapat diaplikasikan pada *cool box* tersebut yang memiliki kriteria ramah lingkungan, bisa menggunakan daya listrik rendah dan mudah dalam perancangan dan perawatan.. *Thermoelectric Cooler* (TEC) merupakan salah satu alternatif teknologi pendingin selain sistem kompresi uap, terjadi mekanisme aliran fluida dan perubahan siklus, lain halnya dengan pendingin termoelektrik. Pada pendingin TEC arus listrik bisa langsung dikonversi menjadi perbedaan temperatur karena

tidak menggunakan refrigeran dan fluida. Pendingin TEC lebih ramah lingkungan, desainnya lebih sederhana dan perawatannya lebih mudah.

1.2 Tujuan

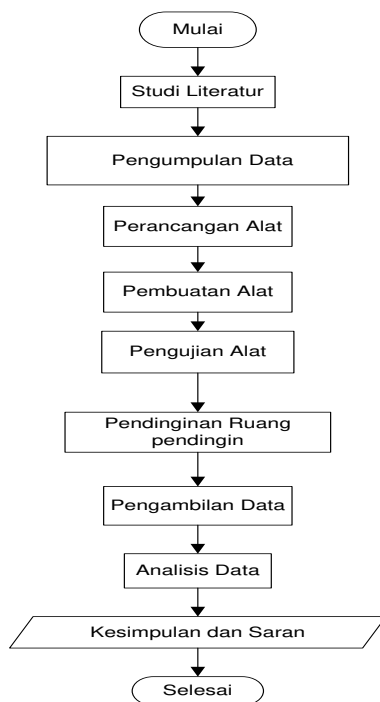
Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain ialah :

- Modifikasi box sekuter listrik tipe Super E-bike Model ES-009 menjadi box pendingin dan penghangat (*green cool-hot box*) pada sekuter listrik yang ramah lingkungan dengan menggunakan elemen peltier.
- Mengetahui pengaruh beban pendinginan terhadap performa elemen peltier.

2. Metode

Desain *Cool-hot Box* pada skuter listrik ini merupakan modifikasi box pada sekuter listrik dengan menambahkan fitur pendingin pada box agar dapat dimanfaatkan sebagai pendingin minuman maupun makanan dan produk-produk yang memerlukan temperatur dingin.. Adapun proses pendinginan diakibatkan oleh sistem termoelektrik dengan menggunakan elemen peltier sebagai media pemanas dan pendingin. sistem termoelektrik penyerapan dan pelepasan kalor terjadi akibat perpindahan elektron. Perpindahan elektron menyebabkan penyerapan energi dari lingkungan dan pelepasan energi ke lingkungan. Perpindahan energi ini digerakkan oleh beda potensial dari arus DC yang diberikan

Adapun diagram alir penelitian ini adalah



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Perhitungan Pendinginan Sistem Termoelektrik

Dengan Menggunakan Data Manufaktur dari TEC Tipe TEC1 12706 dapat menentukan karakteristik dari elemen peltier. Menurut Zhaoxia [11], ada empat karakteristik utama element peltier yaitu, *Figure of Merrit* (Z), Koefisien Seebeck modul (S_m), Tahanna Listrik modul (R_m), dan nilai konduktivitas termal modul termoelektik (K_m).

a. *Figure of Merrit* (Z) modul termoelektrik

$$Z = \frac{2\Delta T_{\max}}{(T_{\text{hot}} - \Delta T_{\max})^2}$$

b. Koefisien Seebeck Modul Termoelektrik (S_m)

$$S_m = \frac{V_{\max}}{T_{\text{hot}}}$$

c. Konduktivitas Termal Element Peltier

$$K_m = \frac{(T_{\text{hot}} - \Delta T_{\max})V_{\max} I_{\max}}{2T_{\text{hot}} \Delta T_{\max}}$$

d. Tahanan Listrik Modul Element Peltier

$$R_m = \frac{(T_{\text{hot}} - \Delta T_{\max})V_{\max}}{T_{\text{hot}} I_{\max}}$$

e. Jumlah Kalor yang Diserap

Manoj et al[4], Onoroh et al [2], dan menurut Zhaoxia[11], untuk mendapatkan nilai kalor yang dapat diserap (Q_c) modul element peltier dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Q_c = S_m T_c I - \frac{I^2 R_m}{2} - K_m \Delta T$$

f. Daya Operasi

Daya yang dioperasikan adalah 12V 5 A maka P dapat dicari dengan persamaan :

$$P = IV$$

g. Kalor yang Dilepas Elemen Peltier

Nilai kalor yang dilepas oleh elemen peltier adalah dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_h = S_m T_c I + \frac{I^2 R_m}{2} - K_m \Delta T$$

h. Tahanan Termal *Heatsink*

$$R_{hs} = \frac{(T_h - T_a)}{Q_h}$$

i. Performa Elemen Peltier

$$COP = \frac{Q_c}{P}$$

Menurut Onoroh[2] dan Rawat[7], untuk menentukan jumlah elemen peltier yang digunakan adalah dengan membagi jumlah beban pendinginan total (Q_{total}) dengan jumlah kalor yang dapat diserap oleh elemen peltier (Q_c).

$$n = \frac{Q_{\text{total}}}{Q_c}$$

2.2 Beban Panas dari Luar

Cool box dikondisikan agar temperatur dalam box mengalami penurunan dengan menggunakan unit pendingin termoelektrik, *heatsink* dan fan. Dimensi bagian dalam *cool box* yang dianalisis adalah sebagai berikut:

Panjang x lebar x tinggi = 150 mm x 150 mm x 100 mm, Temperatur simpan $5^{\circ}\text{C} = 278\text{K}$, Temperatur lingkungan $33^{\circ}\text{C} = 306\text{K}$, Beban pendinginan 960 ml air

Beban panas dari luar berasal dari konduksi udara luar dengan dinding. Beban panas dari dinding dari semua sisi dinding dianggap sama. Besarnya beban panas dari luar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T$$

Menurut Dossat[1] Koefisien lapisan udara bagian luar(h_1) $22,37 \text{ Watt/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, koefisien lapisan udara bagian dalam(h_2) $9,37 \text{ Watt/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Harga koefisien perpindahan panas total (U) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{x}{k_1} + \frac{x}{k_2} + \dots + \frac{x}{k_n} + \frac{1}{h_2}}$$

2.3 Beban Panas Produk

Beban panas produk dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Dengan Menggunakan Data Manufaktur dari TEC Tipe TEC1 12706 dapat menentukan karakteristik dari elemen peltier. Menurut Zhaoxia[11], ada empat karakteristik utama element peltier yaitu, *Figure of Merrit* (Z), Koefisien Seebeck modul (S_m), Tahanan Listrik modul (R_m), dan nilai konduktivitas termal modul termoelektik (K_m). Dengan menggunakan data spesifikasi termoelektik tipe TEC 12706 maka karakteristik di atas dapat kita temukan dengan menggunakan data dari tabel berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Elemen Peltier Tipe TEC1 12706

ΔT_{Max}	70 K
V_{max}	15.4 V
I_{max}	6A
T_{hot}	300 K
T_c	230 K

Dengan menggunakan *power suply* yang ada di pasaran sebagai penyuplai daya pada elemen peltier dengan kapasitas daya 12 V 5 A. kemudian dengan data karakteristik di atas kita bisa menentukan T_h dan T_c yang diinginkan berdasarkan input daya yang di berikan.

Tabel 2. Kondisi Operasi Elemen Peltier

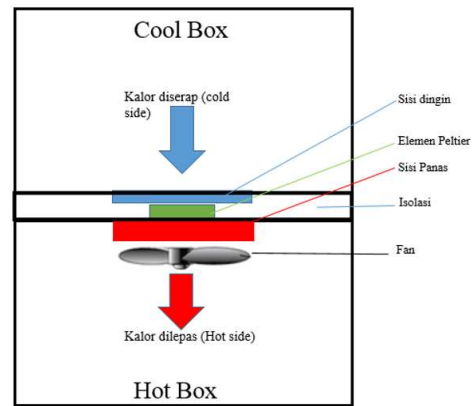
Kondisi Operasi	
V	12 V
I	5 A
T_h	35 °C= 308 K
T_c	5 °C = 278 K
ΔT	30 K
T_a	303 K
S_m	0.051 V/K
K_m	0.56 W/K
R_m	1.97 ohm

2.4 Uji Kinerja Alat

Pengujian *cool-hot box* ini bertujuan untuk mengetahui performa dari elemen peltier baik dengan sistem *single stage* yang akan dilihat dari perubahan temperatur di dalam kabin dan temperatur heatsink sisi dingin dan heatsink sisi panas.

Dalam proses pengujian *cool-hot box*, ada beberapa komponen alat uji yang dibutuhkan agar proses pengujian terlaksana, yaitu, termokopel sebagai sensor temperatur, data akuisisi, *power supply* dan baterai sebagai sumber listrik.

Pengambilan data temperatur dilakukan dengan menggunakan termokopel tipe K dan direkam langsung ke dalam komputer dengan menggunakan data akuisisi ADAM 4018+.

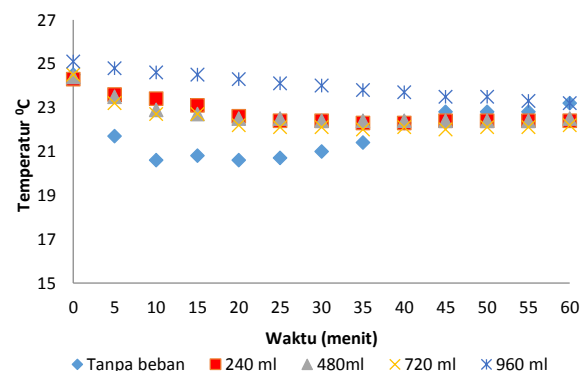


Gambar 2. Skema Alat

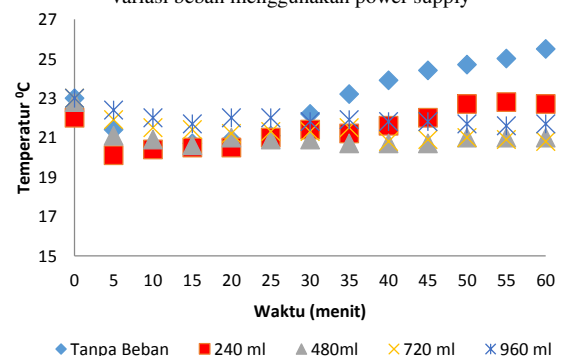
3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Pengujian *Cool-hot Box*

Pengujian ruang pendingin dan pemanas ramah lingkungan (*green cool-hot box*). Pada ruang pendingin, proses pendinginan dilakukan oleh pengaruh dari penurunan temperatur pada *coldsink*. *Coldsink* menyerap kalor pada ruangan yang akan didinginkan. Untuk ruang pemanas, sumber panas adalah berasal dari *heatsink* sisi panas elemen peltier yang dihisap oleh fan kemudian disebarakan ke ruang pemanas yang ada pada sekuter listrik. Pemanfaatan panas buang inilah yang digunakan untuk proses pemanasan/penghangatan

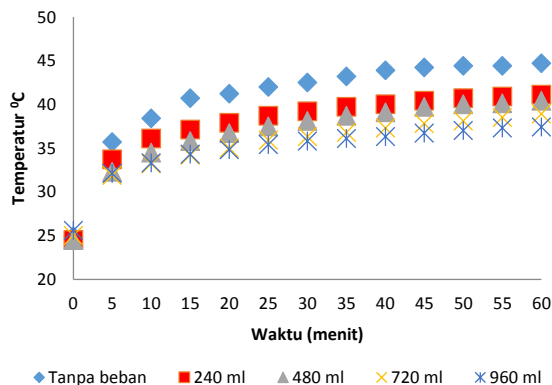


Gambar 3. Penurunan Temperatur ruang pendingin dengan variasi beban menggunakan power supply

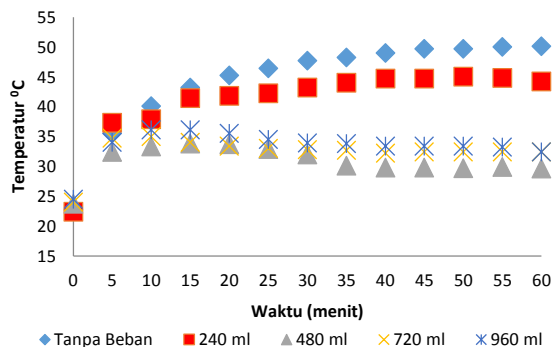


Gambar 4. Temperatur Ruang Pendingin dengan Variasi Beban Pendinginan dengan Menggunakan Baterai 12V 7Ah

Pada gambar 3 dan gambar 4 penurunan temperatur pada ruang pendingin hanya terjadi pada 10 menit pertama pengujian, kemudian mengalami kenaikan. Penurunan kenaikan temperatur pada ruang pendingin akibat penambahan beban terjadi dengan tidak teratur, temperatur ruang pendingin pada saat beban 960 ml menjadi lebih kecil dari pada temperatur ruang pendingin pada saat beban 240 ml, ini terjadi karena perubahan temperatur lingkungan yang selalu berubah, temperatur lingkungan menjadi berbeda pada saat pengambilan data dengan variasi beban dari 240 ml sampai 960 ml, dikarenakan susahnya mengatur temperatur lingkungan pada saat pengambilan data.



Gambar 5. Temperatur Ruang Pemanas dengan Variasi Beban dengan Daya dari Power Supply



Gambar 6. Temperatur Ruang Pemanas dengan Variasi Beban dengan Daya dari Baterai 12V 7Ah

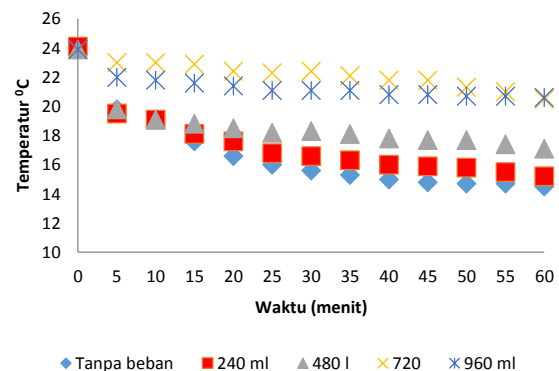
Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa temperatur ruang pemanas pada saat kondisi tanpa beban pemanas mencapai 44,7°C, dengan sumber panas maksimal dari *heatsink* sisi panas adalah 51,5°C. Kemudian setelah dimasukan beban 240 ml, 480 ml, 720ml, dan 960 ml air kedalam ruang pemanas, ruang pemanas mengalami penurunan temperatur dengan stabil. Ini menunjukkan bahwa semakin banyak beban pemanasan pada ruang pemanas maka akan menurunkan temperatur ruangan pemanas.

Pada Gambar 6. sumber daya berasal dari baterai, temperatur ruang pemanas ketika kondisi tanpa beban bisa mencapai 50,1°C, dengan sumber

panas dari *heatsink* adalah 58,8°C. Perubahan temperatur pada ruang pemanas terjadi ketika ruang pemanas dimasukan beban 240ml air sampai dengan 960ml. Berbeda dengan pengujian menggunakan power supply dimana daya elemen peltier bisa stabil dan ruang pemanas pun akan stabil. Pada saat pengujian dengan baterai terjadi ketidak stabilan penurunan temperatur ruang pemanas dengan variasi beban. Ini diakibatkan karena daya pada baterai semakin lama digunakan maka dayanya akan semakin berkurang, sehingga mengakibatkan temperatur ruang pemanas tidak stabil.

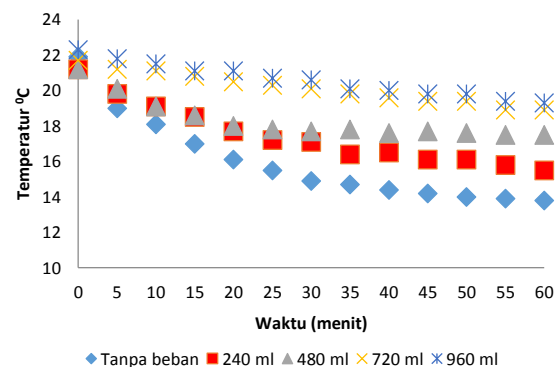
3.2 Variasi Pengujian tanpa Hot Box

Variasi pengujian ruang pendingin tanpa hot box ini adalah panas pada *heatsink* sisi panas tidak dimanfaatkan untuk ruang pemanas yang berada di bawah ruang pendingin, melainkan panas dari *heatsink* sisi panas ini di buang ke lingkungan.



Gambar 7. Temperatur Ruang Pendingin dengan Variasi Beban dengan Daya dari Power Supply

Gambar 7 di atas menunjukkan perubahan temperatur ruang pendingin dengan variasi beban pendinginan. Temperatur terendah yang dapat di capai oleh ruang pendingin pada kondisi tanpa beban pendinginan adalah 14,5°C, untuk beban 240 ml air temperatur ruang pendingin adalah 15,2°C, untuk beban 720 ml adalah 20,5°C, dan untuk beban pendinginan 960 ml air temperatur ruang pendingin adalah 20,6°C.



Gambar 8. Temperatur Ruang Pendingin dengan Variasi Beban dengan Daya dari Baterai 12V 7Ah

Pada gambar 8 di atas menunjukkan temperatur ruang pendingin dengan variasi beban. Pada saat ruang pendingin tanpa beban, sisi dingin elemen peltier yang telah di mounting dengan *heatsink* dapat menurunkan temperatur ruangan dari 21.9°C menjadi 13.8°C. ini menunjukkan bahwa elemen peltier bisa menurunkan temperatur hingga 8,1°C pada saat ruang pendingin tanpa beban.

3.3 COP Elemen Peltier

Untuk menghitung nilai performa elemen peltier, ada variasi perhitungan nilai COP yaitu COP *cool-hot box* yaitu performa elemen peltier pada saat sisi dingin dan sisi panas elemen peltier dimanfaatkan untuk ruang pemanas dan pendingin dan COP *cool box* yaitu COP ketika elemen peltier hanya dimanfaatkan sisi dinginnya saja untuk proses pendinginan ruang pendingin. Dari hasil pengujian maka nilai kedua COP tersebut seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 3. COP Elemen Peltier *Cool-hot Box*

Jumlah Beban	ΔT (°C)	Q_c (W)	Q_h (W)	COP
Tanpa Beban	30.41	34.46	83.55	1.97
240 ml	27.66	35.62	84.82	2.00
480 ml	27.42	35.58	84.77	2.01
720 ml	26.91	35.66	84.85	2.01
960 ml	25.45	36.71	85.90	2.04

Dari tabel 3 adalah nilai COP rata-rata dari elemen peltier dengan variasi beban pendinginan setelah pengujian satu jam, untuk COP *cool-hot box*, nilai COP menjadi lebih besar karena kedua sisi elemen peltier dimanfaatkan untuk proses pendinginan dan pemanasan, dari tabel dapat kita simpulkan bahwa nilai COP semakin meningkat dengan penambahan beban. Semakin banyak beban maka nilai COP semakin tinggi diakibatkan karena kalor yang diserap oleh elemen peltier semakin banyak dan kalor yang lepas juga semakin banyak, sehingga dengan daya yang sama mengakibatkan COP semakin tinggi dengan penambahan beban.

Tabel 4. COP Elemen Peltier *Cool box*

Jumlah Beban	ΔT (°C)	Q_c (W)	Q_h (W)	COP
Tanpa Beban	20.11	37.99	92.35	0.59
240 ml	19.95	38.23	92.54	0.64
480 ml	18.72	38.95	92.95	0.65
720 ml	18.22	39.60	93.47	0.66
960 ml	18.04	39.54	93.37	0.66

Pada Tabel 4 dapat kita lihat bahwa nilai kalor yang dapat diserap oleh elemen peltier (Q_c) dan nilai COP akan semakin meningkat dengan penambahan jumlah beban pendinginan dalam ruang pendingin. Begitupun kalor yang dilepas pada sisi panas elemen peltier ke lingkungan akan semakin meningkat.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab iv maka dapat disimpulkan bahwa,

1. Berdasarkan hasil perhitungan, elemen peltier yang digunakan adalah satu elemen peltier tipe TEC1 12706 dengan menggunakan *heatsink* sisi panas untuk proses penyerapan panas dan dibuang ke lingkungan dengan menggunakan fan.
2. Semakin banyak jumlah beban pendinginan maka COP elemen peltier akan semakin tinggi. Temperatur *green cool box* terendah dengan membuang panas dari sisi panas ke lingkungan dengan ruang pendingin tanpa beban air adalah 13,8°C dan dengan beban maksimal 960 ml air adalah 20,6°C. Pemanfaatan panas buang dari *heatsink* sisi panas untuk ruang pemanas akan mempengaruhi proses pendingin pada ruang pendingin. Temperatur ruang pendingin akan lebih tinggi jika dibandingkan dengan temperatur *heatsink* sisi panas dibuang ke lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dossat R. J. (1961). *Principle of Refrigeration Edition*. New York: John Wiley & Sons. Inc
- [2] Francis, Onoroh. 2013. *Performance Evaluation of a Thermoelectric Refrigerator*. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume 2, Issue 7, January 2013.
- [3] Huang B.J. *A design method of thermoelectric cooler*. International Journal of Refrigeration 1999. 23 (2000) 208-218.
- [4] Kumar, Manoj. 2013. *Development and Experimental Study of Solar Powered Thermoelectric Refrigeration System*. International Journal of Engineering Research and Application (IJERA), ISSN: 2248. Volume 3, Issue 4, July-August 2013.
- [5] Mangsur. "Pengembangan cool tipe CB-02 Multifungsi Ramah Lingkungan Berbasis Termoelektrik untuk Kendaraan Roda Dua". Skripsi. Program Sarjana Fakultas Teknik UI, 2010.

- [6] Putra, Nandi SD., Aplikasi Riset Termoelektrik Pada Pencapaian Tujuan Pembangunan Milenium di Indonesia. Jakarta, Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia. 2010.
- [7] Rawat M.K., Chattopadhyay H. & Neogi S., *A review on developments of thermoelectric refrigeration and air conditioning systems: a novel potential green R&AC technology*, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 3 (3), 2013, 362-367.
- [8] Sugiyanto. “ *Pengembangan cool box berbasis pompa kalor termoelektrik dan hite pipe*”. Skripsi. Program Sarjana Fakultas Teknik UI, 2008.
- [9] Tan F.L. 2008. *Methodology on Sizing and selecting Thermoelectric Cooler from Different TEC Manufactures in Cooling System Design*. Energy Conversion and Management 49 (2008) 1715-1723.
- [10] Tellurex Corporation. “*Frequently Asked Questions About Our Cooling And Heating Technology*”. 2010.
- [11] Zhaoxia Luo. Agustus 2008. *A Simple Method to Estimate the Physical Characteristics of a Thermoelectric Cooler from Vendor Datasheets*. <http://www.electronics-cooling.com>. Diakses Juni 2014.