

ANALISA PERPINDAHAN PANAS KOTAK PEMANAS DAN PENDINGIN YANG MENGGUNAKAN MODUL TERMOELEKTRIK SEBAGAI SUMBER KALOR

Dani Ikhsan Saputra¹ dan Azridjal Aziz¹

¹Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

E-mail : dbm191294@gmail.com, azridjal.aziz@gmail.com

ABSTRAK

Termoelektrik adalah suatu proses konversi dari perbedaan temperatur menjadi energi listrik atau sebaliknya. Fenomena ini telah dikembangkan menjadi suatu modul sehingga dapat digunakan sebagai pembangkit listrik atau perangkat pendingin dan pemanas. Pada penelitian dilakukan analisa perpindahan panas kotak pemanas dan pendingin yang menggunakan modul termoelektrik sebagai sumber kalor. Tujuan analisa perpindahan panas pada kotak pendingin dan pemanas yaitu untuk mengetahui berapa nilai perpindahan panas yang terjadi pada kotak panas dan dingin yang menggunakan modul termoelektrik, adapun variabel yang dibutuhkan untuk menganalisa perpindahan panas yang terjadi pada kotak pemanas dan pendingin 1) dimensi dari kotak pemanas dan pendingin, 2) menentukan temperatur lingkungan diluar kotak dan temperatur capaian di dalam kotak, 3) menghitung nilai perpindahan panas yang melewati dinding kotak, 4) menghitung perpindahan panas di luar dinding kotak, 5) menghitung perpindahan panas di didalam dinding kotak. Hasilnya diperoleh analisa perpindahan panas yang terjadi di kotak pemanas yaitu 2,28 W dan dikotak pendingin 2,4 W.

Kata kunci: *Termoelektrik, kotak Pendingin, kotak Pemanas*

ABSTRACT

Thermoelectric is the process of converting temperature differences into electrical energy or vice versa. This phenomenon has been developed into a module so that it can be used as a power plant or cooling and heating device. in the study heat transfer analysis was carried out on heating and cooling boxes using thermoelectric modules as heat sources. The purpose of the heat transfer analysis in cooling and heating boxes is to find out what heat transfer value occurs in hot and cold boxes using thermoelectric modules, while for the variables needed to analyze heat transfer that occurs in heating and cooling boxes 1) dimensions of the heating box and coolant, 2) determine the ambient temperature outside the box and the performance temperature in the box, 3) calculate the heat transfer value that passes through the wall of the box, 4) calculate the heat transfer outside the box wall box, 5) calculate the heat transfer inside the box wall. The result is a heat transfer analysis that occurs in a heating box, which is 2.28 W and in a cooler of 2.4 W.

Keywords: thermoelectric, cooler box heating box

PENDAHULUAN

Didalam melakukan sebuah perancangan alat penukar kalor (*heat exchanger*) analisa perpindahan panas sangat diperlukan, hal ini bertujuan untuk menghitung kebutuhan media pemanas atau pendingin, didalam melakukan analisa dapat diketahui adapun perpindahan panas yang terjadi pada kotak pemanas dan pendingin yaitu perpindahan panas konveksi dan konduksi

(hantaran) dan radiasi. Dimana panas bisa saja terjadi dari lingkungan menuju dalam kotak atau dari dalam kotak menuju lingkungan, hal ini konduktifitas termal bahan juga mempengaruhi, yang menunjukkan seberapa cepat bahan itu dapat menghantarkan panas konduksi Selanjutnya apabila nilai perpindahan panas diperoleh baik nilai perpindahan panas konduksi konveksi dan radiasi,

kemudian baru bisa ditentukan nilai perpindahan panas pada kotak pemanas dan pendingin. Modul TEC dalam aplikasinya telah dilakukan oleh Irwin Bizzy dan Ruri Apriansyah modul TEC digunakan untuk pendingin minuman kaleng 330 ml. Pada penelitian tersebut digunakan rangkaian seri dengan capaian temperatur 6 °C dan 9 °C dengan rangkaian paralel untuk pendinginan selama 120 menit.

Pada tahun 2007, *Vaccine Carrier Box* dengan pendinginan berbasis termoelektrik dikembangkan oleh Prof. Dr.-Ing. Ir. Nandy Putra, Peneliti dan Dosen Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Teknologi ini merupakan ide baru yang didapatkan untuk memenuhi kebutuhan akan proses penyimpanan vaksin yang membutuhkan temperatur antara 2-8°C.

Pada tahun 2017 Azridjal Aziz, Rahmat Imam Mainil, Afdal Kurniawan Mainil, Syafri, Muhammad Faizal Syukriah, melakukan *design of portable beverage cooler using one stage termoelektrik cooler* dengan dimensi rancangan p 6 cm, l 6,5 cm, t 15 cm, dengan temperatur capaian 15⁰ pada waktu 30 menit.

Pada tahun 2018 Afdal Kurniawan Mainil, Azridjal Aziz, M. Akmal melakukan analisa *portable thermoelectric cooler box performance with*

variation of input power and cooling load hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi daya input dari rendah ke tinggi, suhu dalam kotak menjadi lebih rendah pada daya input tinggi dan menyebabkan koefisien kinerja yang lebih rendah

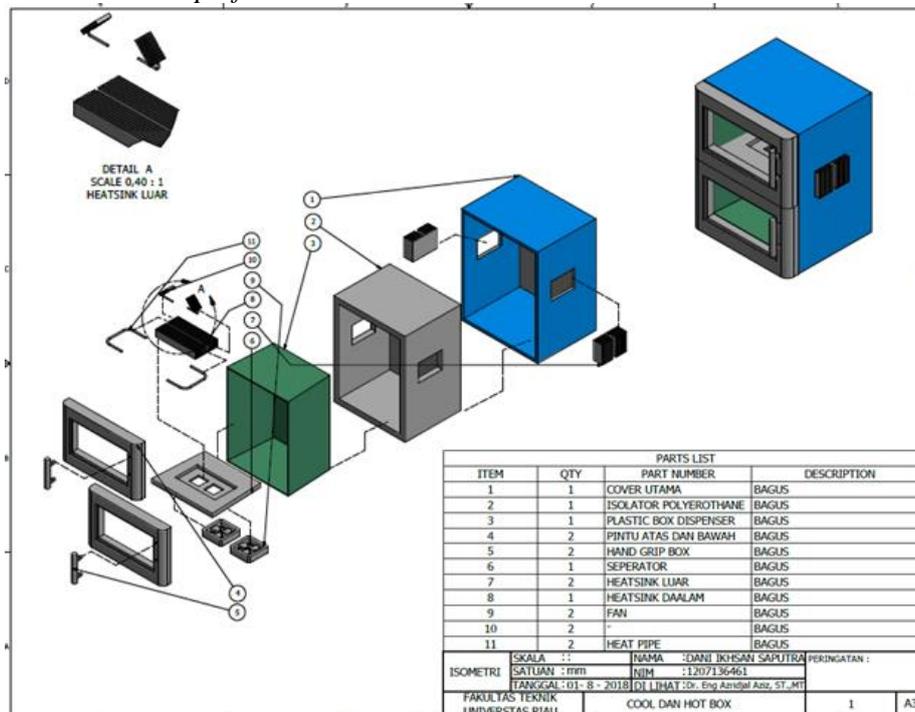
BAHAN DAN METODE

Sebelum dilakukan analisa perhitungan perpindahan panas, hal terpenting yang harus diperhatikan terlebih dahulu yaitu, melihat kondisi alat yang akan di analisa perpindahan panasnya, adapun spesifikasi dari kotak pemanas dan pendingin yaitu

1. Ruang pendingin dan pemanas dengan bentuk kotak, dengan sekat di tengahnya.
2. Dimensi dari ruang kotak pemanas dan pendingin yaitu dengan panjang 240 mm, lebar 200 mm dan tinggi 150 mm
3. Material isolator yaitu polyurethane dengan ketebalan 0,0153 mm, dengan 0,02 k (W/m.C)
4. Temperatur capaian pada kotak pemanas 50°C dan kotak pendingin 15°C

Desain kotak Pendingin dan Pemanas

Desain dibuat dengan bantuan *software Autodesk Inventor 2015*. Gambar 1 adalah desain dari produk kotak pendingin dan pemanas



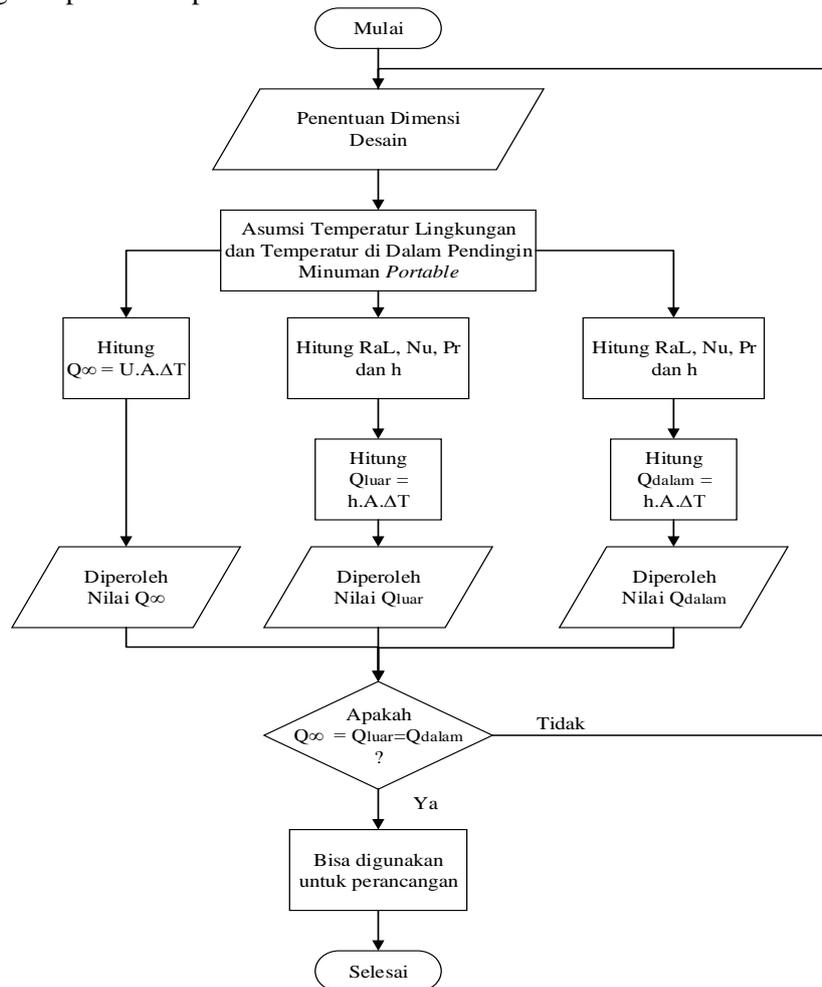
Gambar 1. Desain kotak pendingin dan pemanas

Adapun tahapan analisa perpindahan panas kotak pendingin dan pemanas diawali, 1) mengetahui dimensi kotak pendingin dan kotak pemanas, 2) mengetahui temperatur lingkungan diluar kotak, dan

temperatur capaian di dalam kotak, 3) menghitung nilai perpindahan panas yang melewati dinding kotak, 4) menghitung perpindahan panas di luar dinding

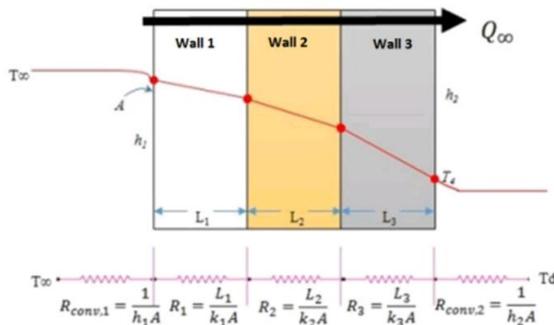
kotak, 5) menghitung perpindahan panas di didalam dinding kotak.

Tahapan perhitungan analisa perpindahan panas pada kotak panas dan dingin dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Tahapan perhitungan perpindahan panas

Nilai UA didapatkan dengan menghitung nilai perpindahan panas dari lingkungan hingga ke dalam ruang pendingin(Q_{∞}) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perpindahan panas dari lingkungan hingga ke dalam ruang pendingin(Q_{∞})

Nilai konveksi di dalam ruang pendingin diasumsikan tidak terjadi karena temperatur di dalam ruang pendingin dianggap seragam.

Besarnya beban panas dari luar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1 berikut (Cengel, Y. A 2005).

$$Q_{\infty} = U \times A \times \Delta T \quad (1)$$

ΔT adalah perbedaan temperatur antara temperatur lingkungan (T_{∞}) dan temperatur dalam ruang pendingin (T_d). Nilai U adalah koefisien perpindahan panas total yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2 berikut. (Cengel, Y. A 2005)

$$UA = \frac{1}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{L_1}{k_1 A} + \frac{L_2}{k_2 A} + \frac{L_3}{k_3 A} + \frac{1}{h_2 A}} \quad (2)$$

Konduktivitas termal bahan k_1, k_2 dan k_3 adalah untuk *EPS, PU Foam* dan aluminium dengan ketebalan masing-masing L_1, L_2 dan L_3 . Koefisien konveksi alamiah h_1 dan h_2 dihitung masing-masing dengan menggunakan persamaan 3 berikut (Cengel, Y. A 2005).

$$h = \frac{k}{L_c} \left[0,825 + \frac{0,387 Ra_L^{\frac{1}{4}}}{[1+(0,429/Pr)^{\frac{1}{4}}]^{\frac{1}{4}}} Pr \right]^2 \quad (3)$$

Nilai Q_{luar} adalah perpindahan panas konveksi bebas dari lingkungan ke dinding luar pendingin minuman *portable*, sedangkan nilai Q_{dalam} adalah perpindahan panas konveksi bebas dari dinding dalam permukaan *box* pendingin dan pemanas keruang pendingin. Perpindahan panas Q_{luar} dan Q_{dalam} dihitung masing-masing dengan menggunakan persamaan 4 berikut (Cengel, Y. A 2005)

$$Q = h \cdot A \Delta T \quad (4)$$

Koefisien perpindahan panas konveksi h dapat dihitung dengan mencari terlebih dahulu nilai *Rayleigh Number* (Ra_L) dan nilai *Nusselt Number* (Nu). Nilai *Rayleigh Number* (Ra_L) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 5 (Cengel, Y. A 2005).

$$Ra_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu^2} Pr \quad (5)$$

Untuk perpindahan panas konveksi pada dinding vertikal, nilai *Nusselt Number* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 6 (Cengel, Y. A 2005).

$$Nu = \left[0,825 + \frac{0,387 Ra_L^{\frac{1}{4}}}{[1+(0,429/Pr)^{\frac{1}{4}}]^{\frac{1}{4}}} Pr \right]^2 \quad (6)$$

Sedangkan untuk menghitung perpindahan panas pada dinding horizontal, nilai *Nusselt Number* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 7 (Cengel, Y. A 2005).

$$Nu = 0,54 \cdot Ra_L^{\frac{1}{4}} \quad (7)$$

Setelah nilai *Rayleigh Number* (Ra_L) dan nilai *Nusselt Number* (Nu) diperoleh, maka nilai koefisien perpindahan panas konveksi (h) dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan 8 (Cengel, Y. A 2005).

$$h = \frac{k}{L_c} Nu \quad (8)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa perpindahan panas kotak pendingin dan pemanas dilakukan dengan tahapan berikut: 1) menentukan dimensi kotak pendingin dan kotak pemanas, 2) analisa temperatur lingkungan diluar kotak, dan temperatur capaian di dalam kotak, 3) menghitung nilai perpindahan panas yang melewati dinding kotak, 4) menghitung perpindahan panas di luar dinding kotak, 5) menghitung perpindahan panas di didalam dinding kotak.

Tabel 1. Desain rancangan dimensi kotak dingin dan panas

	Dimensi				
	P (m)	L (m)	Tebal (m)	A (m ²)	Lc (m)
Vertikal kanan/kiri	0,2	0,15	0,0179	0,03	
Vertikal dpn/blk	0,26	0,15	0,0179	0,039	
Horizontal ats/bwh	0,26	0,2	0,0179	0,052	0,05

Tabel 2. Perhitungan perpindahan panas pada dinding luar kotak dingin

Dimensi Dinding				Nilai
vertikal kiri/knan	vertikal Dpn/Blk	Horizonta l Ats/Bwh		
14356487,34	14356487,5	531721,7		<i>Rayleigh</i>
34,741093	34,741093	14,58192		<i>Nusselt</i>
5,7529026	5,7529026	7,244020		Koefisien Perpindah panas
0,3589811	0,4666754	0,783513		Perpindahan Panas
Qtotall (W)				2,43

Tabel 3. Perhitungan perpindahan panas pada dinding dalam kotak dingin

Dimensi Dinding				Nilai
vertikal kiri/knan	vertikal Dpn/Blk	Horizonta l Ats/Bwh		
7108503,1	7108503,1	531721,76		<i>Rayleigh</i>
34,741093	34,741093	14,581925		<i>Nusselt</i>
5,7529026	5,7529026	7,2440205		Koefisien Perpindahan Panas
0,3528939	0,4587621	0,78969207		Perpindahan Panas
Qtotall (W)				2,456

Adapun dimensi rancangan untuk kotak dingin dan panas dapat dilihat pada Tabel 1 Setelah dimensi desain diperoleh, dan variabel yang dibutuhkan diperoleh, selanjutnya dilakukan perhitungan perpindahan panas dinding luar kotak dingin dapat dilihat pada Tabel 2. Untuk perhitungan perpindahan panas pada dinding dalam kotak pendingin dapat dilihat pada Tabel 3. Untuk perhitungan perpindahan panas yang melewati dinding kotak pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan perpindahan panas yang melewati dinding kotak

h1	h2	k1 <i>Urethane</i> (W/m. °C)	U (W/m². °C)	Q dot (W)
6,800	5,794	0,02	0,023	0,3771
5,2314	4,4570	0,02	0,0306	0,49
3,039	2,654	0,02	0,043	0,69
			Qtotal (W)	2,41

Tabel 5. Hasil perhitungan perpindahan panas kotak dingin

Perpindahan panas	Qtotal (W)
Q_{∞}	2,43
Q_{luar}	2,456
Q_{dalam}	2,41

Tabel 6. Perhitungan perpindahan panas pada dinding luar kotak panas

Dimensi Dinding		Horizontal Ats/Bwh	Nilai
vertikal kiri/kna n	vertikal Dpn/Blk		
4172177,5	4172177,9	154525,11	<i>Rayleigh</i>
24,4742	24,47428	10,706401 49	<i>Nusselt</i>
4,41842	4,418424 9	5,7985870	Koefisien Perpindah panas
0,3313	0,430796 43	0,7538163 1	Perpindah an Panas
Qtotal (W)			2,278

Dari nilai Tabel 5 Q total yang diperoleh, dapat diambil kesimpulan nilai perpindahan panas pada kotak dingin yaitu sebesar 2,4 W. Setelah semua nilai diperoleh dapat disimpulkan nilai masing masing perpindahan panas untuk kotak dingin dapat dilihat pada Tabel 5. Untuk hasil perhitungan analisa perhitungan pada kotak panas dapat dilihat

pada Tabel 6. Untuk perhitungan perpindahan panas pada dinding dalam kotak pemanas dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan perpindahan panas pada dinding dalam kotak panas

Dimensi Dinding			Nilai
vertikal kiri/knan	vertikal Dpn/Blk	Horizo ntal Ats/B wh	
7098693,0	7098693,06	26291 4,5	<i>Rayleigh</i>
28,41956	12,227	28,419	<i>Nusselt</i>
4,9014297	4,901429	6,3266	Koefisien Perpindah an Panas
0,3337873	0,433923 5	0,7467 981	Perpindah an Panas
Qtotal (W)			2,282

Untuk perhitungan perpindahan panas yang melewati dinding kotak dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perhitungan perpindahan panas yang melewati dinding kotak panas

h1	h2	k1 <i>Urethane</i> (W/m. °C)	U (W/m². °C)	Q dot (W)
6,8007	7,5441	0,02	0,0250	0,35
5,2313	5,8032	0,02	0,0326	0,45
3,039	3,316	0,02	0,047	0,66 45
Qtotal (W)				2,28

Setelah semua nilai diperoleh dapat disimpulkan nilai masing masing perpindahan panas untuk kotak dingin dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil perhitungan perpindahan panas kotak panas

Perpindahan panas	Qtotal (W)
Q_{∞}	2,278
Q_{luar}	2,282
Q_{dalam}	2,280

Dari nilai Tabel 9 Q total yang diperoleh, dapat diambil kesimpulan nilai perpindahan panas pada kotak pemanas yaitu sebesar 2,28 W.

KESIMPULAN

Analisa perpindahan panas kotak pendingin dan pemanas diawali dengan menentukan dimensi kotak pendingin dan kotak pemanas analisa temperatur lingkungan diluar kotak, dan temperatur capaian di dalam kotak. Kemudian dengan menghitung nilai perpindahan panas yang melewati dinding kotak, menghitung perpindahan panas di luar dinding kotak, menghitung perpindahan panas di didalam dinding kotak, Hasil perhitungan yang diperoleh berdasarkan diagram alir analisa perpindahan panas didapatkan perpindahan panas pada kotak dingin sebesar 2,4 W dan kotak panas sebesar 2,28 W.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, A., R. I. Mainil., A. K. Mainil., S. Syafri., dan. M. F. Syukrillah. 2017. Design Of Portable Beverage Cooler Using One Stage Thermoelectric Cooler (TEC) Module. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 7(1), pp. 29-36.
- Bizzy, Irwin dan Rury Apriansyah, 2013, Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Minuman Kaleng dengan Termoelektrik Bersumber dari Arus DC Kendaraan dalam Rangkaian Seri dan Paralel, Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM XII), Bandar Lampung, 23 - 24 Oktober.
- Cengel, Y. A. 2006. *Heat Transfer A Practical Approach*. 3rd Ed. Mc Graw Hill. New York.
- Holman, J.P. 1986. *Heat Transfer, sixth edition*. New York: McGraw Hill, Ltd.
- Mainil, A, K., A. Aziz., M. Akmal. 2018. Portable thermoelectric cooler box performance with variation of input power and cooling load. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 7(2), pp. 85-92.
- Nandy Putra, Aziz Oktianto, Idam B, Fery Y. 2007. Penggunaan Heatsink Fan sebagai pendingin sisi panas Elemen Peltier Pada Pengembangan *Vaccinocarrier*, *Jurnal Teknologi*, 21 (1), pp. 24-31.