

PENGARUH ALIRAN THERMOELEKTRIK PADA *PORTABLE COOLING UNIT* DENGAN SIMULASI ANSYS

ZULFI DIMAS KURNIAWAN, SUBEKTI, DAN HARIS WAHYUDIN

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta
Jl. Meruya Selatan No.1, Meruya Sel., Kembangan, Kota Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota
Jakarta 11650
E-mail: subekti@mercubuana.ac.id

Abstrak

Sistem pendingin dengan menggunakan termoelektrik merupakan system pendingin yang ramah lingkungan dan hemat energi. Selain itu, memiliki keuntungan yang lain seperti mudah pemasangan dan pengontrolan suhu yang diinginkan sehingga banyak diaplikasikan pada Portable Cooling Unit (PCU). Tujuan dari penelitian ini adalah memodelkan Portable Cooling Unit (PCU) dengan menggunakan thermoelectric dari permukaan yang panas menjadi permukaan yang dingin. Dengan media pendinginan adalah udara yang berasal dari pettier modul yang ditiupkan dengan menggunakan kipas. simulasi dilakukan pada ANSYS fluent. Sebuah model turbulensi yang sesuai dipilih yang dapat menggambarkan aliran dalam sistem. Setelah berhasil menghubungkan perakitan dan menyiapkan kondisi prasyarat, kecepatan dan kontur suhu telah diplot untuk menunjukkan sifat aliran dan distribusi temperatur di sekitarnya serta elemen pendingin. Hasil analisis dapat membantu dalam pengembangan strategi penempatan modul pettier dan thermokople untuk lebih meningkatkan efektivitasnya.

Kata kunci: termoelektrik, Portable Cooling Unit, ANSYS, modul pattier, thermocouple

1. PENDAHULUAN

Mesin pendingin merupakan alat yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat modern dewasa ini. Hal ini, mendorong beberapa perusahaan untuk melakukan inovasi dalam rangka memenuhi kebutuhan masyarakat akan mesin pendingin yang ramah lingkungan dan hemat energi. Selain itu, perlu dipikirkan sebuah mesin pendingin yang ringan dan portable sehingga dapat dibawa kemana saja. Mesin pendingin yang hemat energy dan ramah lingkungan saat ini menggunakan system pendingin modul termoelektrik (TE). Menurut Christophe, G. (2016), sistem pendingin modul TE ini memiliki dua semikonduktor berbeda secara bersamaan dalam arus listrik yang dirangkai khusus, dengan menggunakan arus listrik *Direct Current* (DC). Arus listrik tersebut, dialirkan dar kedua sisi modul TE sehingga menyebabkan suhu menjadi panas dan dingin (Agung, 2018).

Penggunaan simulasi dengan menggunakan ansys fluent telah banyak digunakan. Enescu, dkk (2015) melakukan implementasi pengaruh thermoelectric dengan menggunakan ANSYS Multiphysics, dengan menggunakan model komputasi untuk melakukan simulasi termal dari perangkat pendingin termoelektrik berdasarkan teknologi termoelektrik. Wang, dkk (2015) menggunakan fluent untuk memodelkan suatu aliran udara dan perpindahan panas yang terjadi

pada sebuah lemari pendingin. Penggunaan simulasi Ansys untuk mengetahui distribusi suhu pada mesin pendingin dengan rak atau tanpa rak telah dilakukan oleh Logeshwaran (2016) diperoleh rata rata pendinginan sekitar $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Menurut Immawan Aplikasi dari ilmu mekanika fluida ini memiliki peran penting dalam bidang industri, pertanian, kedokteran, dan lain sebagainya (Wildan dan Noviato 2018). Untuk kebutuhan penelitian tersebut bahkan sampai dengan tingkat desain, perlu dibutuhkan suatu alat yang mampu menganalisis atau memprediksi dengan cepat dan akurat. Maka berkembanglah suatu ilmu yang dinamakan (CFD) Computational Fluid Dynamic. Menurut Versteeg, 1995 CFD merupakan suatu sistem analisa yang menyertakan aliran fluida, perpindahan panas dan yang berhubungan seperti reaksi kimia dengan simulasi berdasarkan komputer (Wildan dan Noviato 2018). Adapun software CFD yang sering digunakan salah satu diantaranya yaitu; Fluent dan dalam penelitian ini penulis menggunakan Fluent.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi pada penelitian ini, menggunakan Simulasi ANSYS untuk pemodelan *Portable Cooling Unit* (PCU). ANSYS yang digunakan dengan kode Flex ID C8CBB8072ECC. Simulasi ini bertujuan untuk menentukan posisi yang tepat penempatan

modul Peltier dan kipas, serta penempatan termokople yang berfungsi untuk mengontrol suhu yang diinginkan. Simulasi akan dilakukan pada sistem pendingin yang menggunakan termoelektrik pada kapasitas 12 liter. Suhu kerjanya adalah sekitar -10 sampai 6 °C. Rencana penggunaan PCU ini, akan diletakan pada kendaraan keluarga yang sangat banyak di Indonesia. Produk yang akan didinginkan pada makalah ini, adalah minuman kaleng dengan kondisi sebagai berikut:

- Temperatur penyimpanan = 6°C
- Temperatur lingkungan = 33°C
- Kelembaban (Rh) = 60%
- Masa Kaleng = 0,01kg
- Massa Air = 0,33 kg
- Koefisien Air ($C_{p \text{ Air}}$) = 4,18 KJ/Kg°C
- Koefisien Kaleng ($C_{p \text{ kaleng}}$) = 0,39 KJ/Kg °K
- Pendinginan Kaleng = 5 Jam
- Banyaknya Kaleng = 12 Buah

Modul TE yang digunakan pada penelitian ini adalah TEC1-12706, seperti yang ditunjukkan dengan Gambar 1. Model TEC1-12706 mempunyai spesifikasi sebagai berikut

- Daya pendinginan max : 92 Watt
- ΔT_{max} : 68 °C
- *Temperatur kerja* : -24 - +70 °C
- Ukuran : 40 x 40 x 4 mm
- Berat : 24 gram



Gambar 1. Termoelektrik TEC1-12706

PCU yang digunakan adalah sebuah BOX, dimana BOX tersebut akan memiliki sebuah hambatan termal yang akan menghasilkan sebuah hambatan total. Oleh sebab itu, perlu diperhitungkan pada simulasi yang akan dilakukan. Adapun hambatan termal yang terjadi pada BOX dapat dilihat pada Tabel 1.

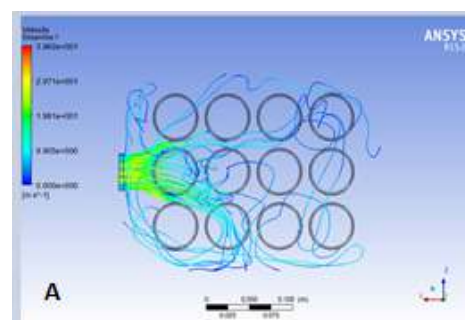
Tabel 1. Hambatan termal PCU

No	Nama bahan	Tebal (mm)	Nilai Konduksi W/m °C (x)
1	Plastik	2	6,02
2	Polyurethane	19	0,020
3	Plastik film	2	6,02
4	Stainlees Steel	1	12,11

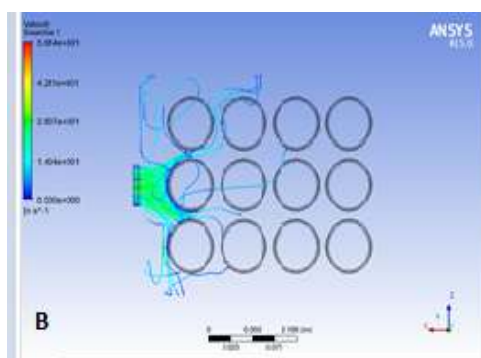
No	Lapisan udara	Surface Conductance (W/m °C)
1	Lapisan udara luar	9,37
2	Lapisan udara dalam	22,70

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hal yang pertama dilakukan adalah melakukan simulasi penempatan modul TE dan kipas, agar diperoleh aliran yang baik didalam PCU, simulasi dilakukan dengan dua cara yaitu penempatan udara masuk sekitar 50 mm dari atas dan bawah BOX dengan kecepatan aliran sekitar 30 m/s. Hasil simulasi yang dilakukan dengan ANSYS, tampak sumbu XZ dapat dilihat pada Gambar 2. Simulasi aliran fluida yang dilakukan dengan menganggap dalam BOX terdapat 12 minuman kaleng didalamnya.



(a) 50 mm dari atas box

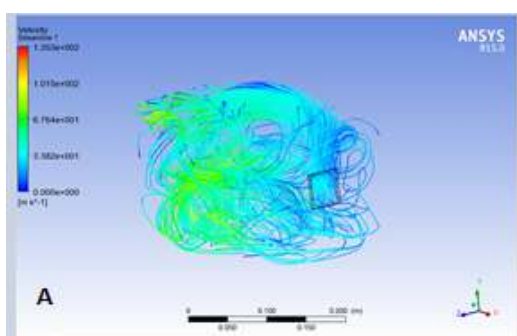


(b) 50 mm dari bawah box

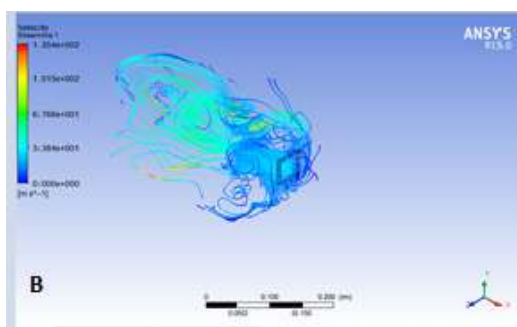
Gambar 2. Aliran Fluida pada sumbu XZ

Pada Gambar 2(a) diperlihatkan bahwa aliran udara menyebar merata sampai ke bagian belakang kaleng yang terakhir dengan kecepatan aliran yang sangat rendah. Sedangkan pada udara masuk sekitar 50 mm dari bawah box, kecepatan aliran yang terjadi tidak merata. Hal ini, disebabkan banyaknya aliran yang terhambat karena adanya kaleng-kaleng didepannya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2(b).

Simulasi selanjutnya adalah untuk mengetahui kecepatan aliran yang terjadi didalam BOX, apabila dalam kosong dengan kata lain tidak terdapat material yang akan didinginkan. Hasil simulasi yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 3.



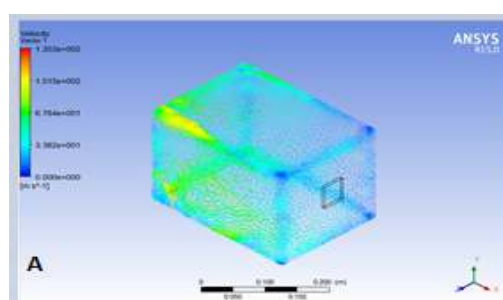
(a) 50 mm dari atas box



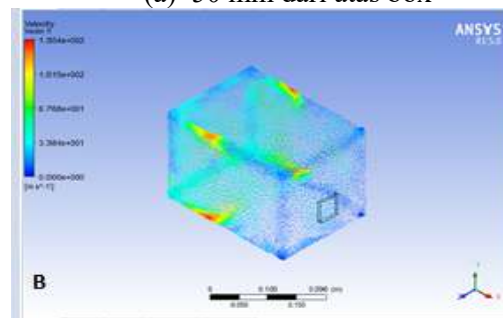
(b) 50 mm dari bawah box

Gambar 3. Aliran fluida pada box kosong

Pada Gambar 3(a) diperlihatkan bahwa penempatan modul TE dan kipas pada 50 mm dari atas diperoleh hasil yang lebih baik dibandingkan dengan penempatan pada 50 mm dari bawah box, seperti tampak pada Gambar 3(b). Oleh sebab itu, melakukan analisis aliran vector fluida pada box kosong untuk lebih mengetahui mengenai aliran fluida yang terjadi didalam BOX, seperti tampak pada Gambar 4.



(a) 50 mm dari atas box



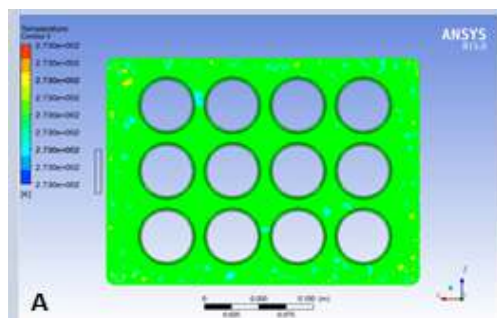
(b) 50 mm dari bawah box

Gambar 4. Aliran vector fluida pada box kosong

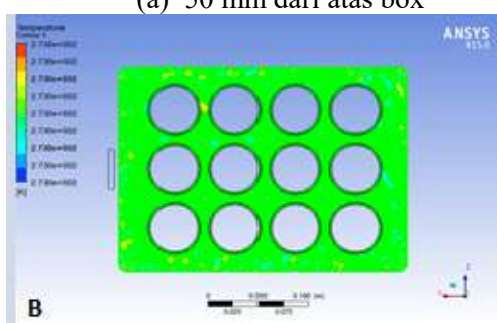
Pada Gambar 4(a) terlihat bahwa dengan penempatan 50 mm di atas box diperoleh aliran vector fluida yang lebih merata dan tidak terjadi aliran vector fluida yang akan mengakibatkan rusaknya box didalam akibat kecepatan aliran fluida yang lebih besar seperti tampak pada Gambar 4(b).

Selanjutnya kami melakukan simulasi temperatur didalam box untuk mengetahui penyebaran temperatur yang terjadi akibat penempatan modul TE dan kipas, dimana temperatur sekitar 273 K, seperti yang terlihat pada Gambar 5. Penyebaran temperatur yang terjadi pada jarak 50 mm dari atas box terlihat bahwa temperatur yang terjadi merata apabila

ditempatkan 12 kaleng didalamnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5(a).



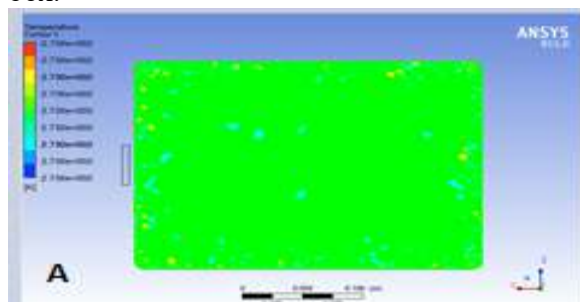
(a) 50 mm dari atas box



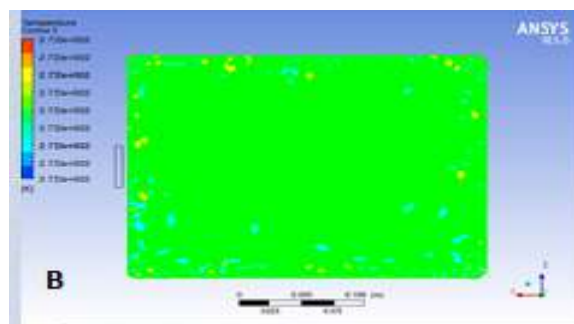
(b) 50 mm dari bawah box

Gambar 5. Kontour temperatur pada box pada sumbu XZ

Hal ini, sangat berbeda ketika Modul TE dan kipas diletakan pada jarak 50 mm dari bawah box, dimana temperatur yang terjadi tidak merata dengan baik. Selanjutnya dilakukan simulasi yang sama tanpa adanya media didalam box, seperti tampak pada Gambar 6. Pada kondisi kosong didalam box terlihat bahwa penyebaran temperatur pada jarak 50 mm dari bawah box, terlihat penyebaran temperatur yang kurang merata hal ini diperlihatkan dengan banyaknya warna kuning yang terjadi, seperti yang digambarkan pada Gambar 6(b). sedangkan Pada Gambar 6(a) diperlihatkan bahwa temperatur yang sangat merata didalam box.



(a) 50 mm dari atas box



(b) 50 mm dari bawah box

Gambar 6. Contour temperature pada box kosong tampak XZ

4. KESIMPULAN

Dari pembahasan diatas, maka penulis dapat menarik beberapa kesimpulan bawah, peletakan termoelektrik dan kipas agar distribusi kecepatan aliran dan temperatur yang terjadi, sebaiknya diletakan pada 50 mm dari atas box. Hal ini, dibuktikan dengan aliran fluida pada simulasi dan kontour temperatur yang lebih merata. Atas dasar itu, maka penempatan sensor suhu yang baik dapat diletakan disisi yang lain dengan kipas dan termoelektrik, dimana diletakan pada bagian tengah bawah dari dalam box seperti tampak pada Gambar 7.



Gambar 7. Penempatan sensor

DAFTAR PUSTAKA

- Agung WB, Reno HI, Subekti, R. Bagus Y, M. Kholil (2018). Simulation Of Designing Cooling Box 12 Liter Capacity Using Thermoelectric. *7th International Conference on Applied Sciences and Engineering Application*. Malaysia 8 & 9 December 2018.
- Wang L, Zhang L, dan Lian G. (2015). *A CFD Simulation of 3D Air Flow and Temperature Variation in Refrigeration Cabinet*. *Procedia Engineering* 102: 1599 – 1611.
- Wildan F, Sentot N (2018). Analisa Aliran Fluida (Fully Developed Flow) Pada Pipa Circular Dengan Menggunakan Cfd Fluent. *Jurnal Teknik Mesin Untirta Vol. IV, No. 2*
- Logeshwaran S. CFD Analysis Of Forced Convection Heat Transfer In A Domestic Refrigerator. Department of Automobile Engineering, SRM University, Kattankulathur, Tamil Nadu-603203
- A.. Marques , F Davie ect. Theoretical Modelling And Experimental Investigation Of A Thermal Energy Storage Refrigerator. Department of Urban Engineering, London South Bank University, 103 Borough Road, London, SE1 0AA, UK
- Logeshwaran S, CFD analysis of forced convection heat transfer in a domestic refrigerator, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, ISSN: 0974-2115, JCPS Volume 9 Issue 4, October - December 2016, p. 2945- 2951
- Enescu, D., Virjoghe, E.O., Ionel, M., Stan, M.F., Electro-Thermal Analysis of Peltier Cooling Using FEM, *Scientific Bulletin of the Electrical Engineering Faculty – Year 10 No. 1 (12), 22 April 2015, p.89-94*
- Vineet Mathew* , Akhilesh Arora, B. B. Arora, Saurabh Dubey, Rayhan Ali, Sushant Sahasrabuddhe, Modelling and Simulation of Thermoelectric Peltier Effect Cooling Unit, *IJAPIE-SI-IDCM 604 (2017) 16–19*