

## STUDI NUMERIK PENGARUH VARIASI *ANGLE LOUVER* TERHADAP DAYA DAN TEMPERATURE SISTEM PENDINGIN *FISH COOLERBOX* BERBASIS *THERMOELECTRIC COOLER*

**Mohamad Yahya Aulia Rahman**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [mohamad.19044@mhs.unesa.ac.id](mailto:mohamad.19044@mhs.unesa.ac.id)

**Diastian Vinaya Wijanarko**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [diastianwijanarko@unesa.ac.id](mailto:diastianwijanarko@unesa.ac.id)

### Abstrak

Sistem pendingin berbasis Thermoelectric Cooler (TEC) merupakan solusi potensial dalam menjaga kesegaran hasil perikanan karena bebas freon dan ramah lingkungan. Namun, performa TEC sangat dipengaruhi oleh efisiensi pelepasan panas pada sisi panas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi sudut louver (60°, 90°, 120°, serta tanpa louver) pada outlet casing terhadap daya dan temperatur dalam sistem pendingin fish coolerbox berbasis TEC. Analisis dilakukan secara numerik menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan pendekatan kuantitatif deskriptif. Hasil menunjukkan bahwa sudut louver 60° memberikan performa termal paling optimal, dengan kecepatan outlet 3,83 m/s, bilangan Reynolds 4113,15, koefisien konveksi 53,52 W/m<sup>2</sup>K, dan laju perpindahan panas heatsink sebesar 26,04 W. Koefisien konveksi meningkat sebesar 16,78% dibandingkan konfigurasi tanpa louver. Kesimpulannya, keberadaan louver berpengaruh terhadap efisiensi termal sistem pendingin, di mana sudut 60° terbukti paling optimal.

**Kata Kunci:** korosi, *spray coating*, baja

### Abstract

*Thermoelectric Cooler (TEC)-based cooling systems offer a potential solution for maintaining the freshness of fishery products due to their freon-free and environmentally friendly characteristics. However, TEC performance is highly influenced by the efficiency of heat dissipation on the hot side. This study aims to analyze the effect of varying louver angles (60°, 90°, 120°, and without louver) at the outlet casing on power and temperature in a TEC-based fish coolerbox system. The analysis was conducted numerically using the Computational Fluid Dynamics (CFD) method with a descriptive quantitative approach. The results show that the 60° louver angle provides the most optimal thermal performance, with an outlet velocity of 3.83 m/s, Reynolds number of 4113.15, convection coefficient of 53.52 W/m<sup>2</sup>K, and heatsink heat transfer rate of 26.04 W. The convection coefficient increased by 16.78% compared to the configuration without a louver. In conclusion, the presence of a louver significantly affects the thermal efficiency of the cooling system, with the 60° angle proving to be the most optimal configuration.*

**Keywords:** *corrosion, spray coating, steel*

### PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, memiliki karakteristik yang unik sebagai negara kelautan. Salah satu kelompok masyarakat yang sangat terkait dengan karakteristik negara kelautan ini adalah para nelayan. Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) tahun 2024, terdapat 2.401.540 nelayan yang menggantungkan hidupnya pada sektor ini. Sektor perikanan adalah yang paling terkait dengan jumlah nelayan di Indonesia. Perairan Indonesia menyediakan sumber daya ikan yang melimpah, baik di perairan pantai maupun lepas pantai. Hal ini menjadikan sektor perikanan sebagai salah satu sektor ekonomi penting bagi negara ini (Wiranti, 2020).

Salah satu tantangan yang dihadapi oleh nelayan adalah menjaga tingkat kesegaran dengan keterbatasan terkait peralatan pendingin ikan modern. Padahal, pendinginan merupakan salah satu tahapan penting dalam proses pengolahan ikan yang bertujuan untuk menjaga kualitas dan kesegaran ikan (Lubis dkk., 2020).

Penggunaan suhu rendah yang paling sering dan mudah dilakukan adalah dilakukan dengan cara pemberian balok-balok es kedalam tempat penyimpanan ikan. Semakin rendah suhu penyimpanan ikan, semakin lama kesegaran ikan hasil tangkapan dapat dipertahankan. (Fadhli, 2022). Idealnya perbandingan antara es dan ikan yaitu 1:1 artinya 1 kg es untuk 1 kg ikan agar suhu ikan dapat dipertahankan pada suhu 0°C hingga sampai ke pendaratan. Penggunaan es batu untuk

pendinginan juga menyebabkan penurunan kapasitas penyimpanan ikan di fasilitas pendinginan, sehingga mengurangi kapasitas tangkapan ikan segar yang dapat dihasilkan oleh nelayan (Herawanty, 2021).

Penelitian terdahulu telah mengungkapkan potensi penggunaan *Thermoelectric Cooler* (TEC) dalam konteks industri perikanan. Penelitian oleh O. Biswa dan P. Kandasamy (2021) menunjukkan bahwa implementasi TEC dalam *Fish coolerbox* dapat memperpanjang masa penyimpanan ikan secara efisien dibandingkan dengan metode tradisional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa TEC mampu menjaga mencapai suhu rendah  $5 \pm 0.2$  °C secara konsisten dengan kapasitas pendingin minimum 12,85 W dan CoP (Coefficient of Performance), sehingga mengurangi risiko kenaikan suhu yang dapat merusak kualitas ikan. Penelitian oleh Atma Redho, dkk (2023) menunjukkan bahwa penggunaan sistem pendingin thermoelectric mampu mencapai suhu  $-3,5$ °C dalam satu jam pertama operasional tanpa memerlukan es batu. Hal ini mengindikasikan potensi TEC sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dan efisien dalam menjaga kualitas ikan dibandingkan dengan metode konvensional yang bergantung pada es batu.

Meskipun TEC menawarkan solusi inovatif untuk menjaga suhu rendah dalam *Fish Coolerbox*, terdapat kelemahan yang perlu diatasi. Salah satunya adalah pelepasan panas pada sisi panas TEC dapat menyebabkan masalah serius, terutama dalam konteks *Fish Coolerbox*. Tingginya tegangan termal pada thermoelectric dapat menurunkan efisiensi pendinginan dan meningkatkan risiko kegagalan perangkat secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan desain yang cermat untuk mengatasi masalah pelepasan panas ini (Tingrui Gong, 2019). Salah satu pendekatan yang telah diusulkan adalah penggunaan desain *Louver* yang efisien. Dalam *Fish coolerbox* berbasis TEC, desain *Louver* dapat membantu mengefisiensikan pelepasan panas dengan mengarahkan aliran udara secara tepat. Penelitian oleh Mochamad Hilmy (2022) menyatakan bahwa sudut *Louver* yang baik dapat meningkatkan ventilasi dan mengurangi akumulasi panas pada bagian dalam sistem pendinginan *Fish coolerbox* berbasis *Thermoelectric Cooler* (TEC). *Louver* berfungsi untuk mengatur cahaya dan panas matahari yang masuk ke dalam sistem, sehingga dapat mengurangi beban pada sistem pendingin udara dan meningkatkan efisiensi termal. Dengan demikian, implementasi desain *Louver* yang tepat dapat membantu menjaga suhu operasional *Fish coolerbox* pada tingkat optimal, meningkatkan efisiensi pendinginan, dan mempertahankan kualitas ikan dengan lebih baik (Fujian Jiang, 2020).

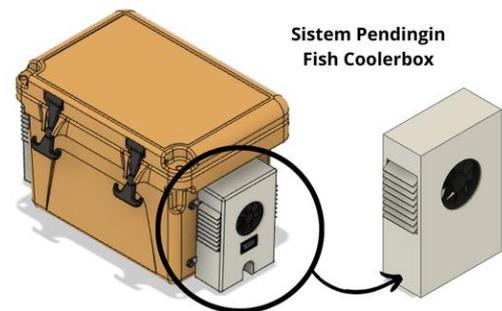
Dalam konteks penelitian mengenai pendinginan *Fish coolerbox* berbasis *Thermoelectric Cooler* (TEC), penggunaan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menjadi pilihan yang relevan. CFD memungkinkan simulasi aliran udara dan distribusi suhu secara mendetail di dalam sistem pendinginan, yang sangat penting untuk memahami dinamika termal dan aliran fluida yang terjadi (Rongjiang Ma, 2022). Metode ini menawarkan kemampuan untuk memvisualisasikan

interaksi antara desain *Louver* dan aliran udara, sehingga dapat mengidentifikasi desain yang paling efisien dalam mengarahkan aliran udara dan mengoptimalkan pelepasan panas.

Penelitian ini secara khusus akan mengkaji pengaruh variasi sudut *Louver* terhadap kinerja pendinginan *Fish coolerbox* berbasis TEC. Melalui analisis data studi numerik untuk memperoleh sudut *Louver* yang optimal untuk menjaga stabilitas suhu di dalam sistem pendingin *Fish Coolerbox*, sehingga dapat memperpanjang masa simpan ikan dan meningkatkan kualitas produk perikanan.

## METODE

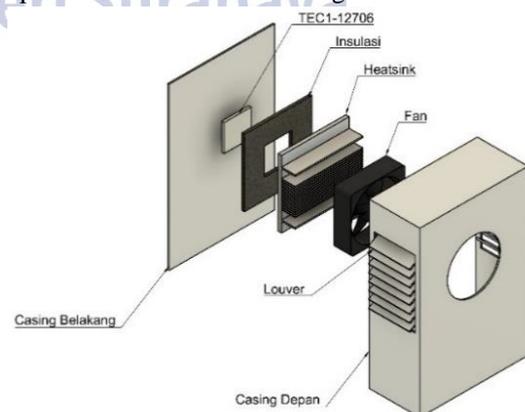
Penelitian kuantitatif untuk mengetahui pengaruh variasi sudut *Louver* terhadap temperatur dan efisiensi pendinginan coolerbox yang dilakukan menggunakan pendekatan simulasi, dengan menggunakan simulasi numerik *Computational Fluid Dynamic* (CFD).



Gambar 1. *Fish Coolerbox* berbasis TEC

## Objek Penelitian

Variabel Objek penelitian yang digunakan merupakan model 3D dari komponen elektronik yang digunakan sebagai objek utama dalam penelitian ini. Model 3D tersebut mencakup representasi visual dan struktural sistem pendingin *fish coolerbox* berbasis *thermoelectric cooler* seperti *Thermoelectric Cooler* (TEC), Insulasi, *Fan*, *Heatsink*, dan *Casing* dengan *Louver* pada exhaustnya. Sistem pemasangan komponen elektronik adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Bagian Sistem Pendingin

**Tabel 1.** Spesifikasi Casing

Spesifikasi	Ukuran
Panjang Casing	160 mm
Lebar Casing	75 mm
Tinggi Casing	244 mm
Tebal Casing	2 mm
Tinggi Exhaust	100 mm
Lebar Exhaust	60,5mm
Panjang <i>Louver</i>	20 mm
Jarak <i>Louver</i>	10 mm
Jumlah <i>Louver</i>	8 setiap sisi

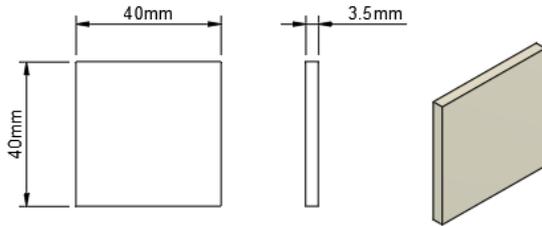
**Tabel 5.** Spesifikasi Heatsink

Spesifikasi	Ukuran
Panjang	100 mm
Lebar	100 mm
Tebal	25 mm
Material	Aluminium
Density	2719 kg/m <sup>3</sup>
Specific Heat	871 J/(kg K)
Thermal Conductivity	202,4 W/(m K)

5. Spesifikasi Insulasi

**Material Properties**

1. Spesifikasi *Thermoelectric Cooler*



**Gambar 3.** Ukuran *Thermoelectric Cooler*

**Tabel 2.** Spesifikasi *Thermoelectric Cooler*

Spesifikasi	Ukuran
Q max	50 watt
Material	Alumina 96%
Density	3800 kg/m <sup>3</sup>
Specific Heat	880 J/(kg K)
Thermal Conductivity	25 W/(m K)

2. Spesifikasi Kipas

**Tabel 3.** Spesifikasi Axial Fan

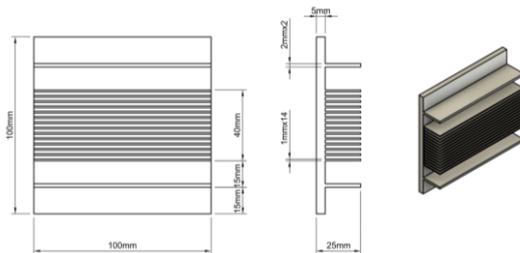
Spesifikasi	Ukuran
Diameter	71,5 mm
Kecepatan	3,1 m/s

3. Spesifikasi Fluida

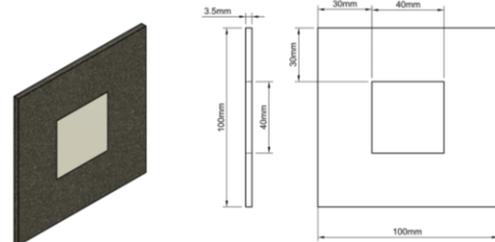
**Tabel 4.** Spesifikasi Fluida

Spesifikasi	Ukuran
Material	Udara
Massa Jenis	1,2 kg/m <sup>3</sup>
Viskositas	1,8E-05 kg/ms

4. Spesifikasi Heatsink



**Gambar 4.** Ukuran Heatsink

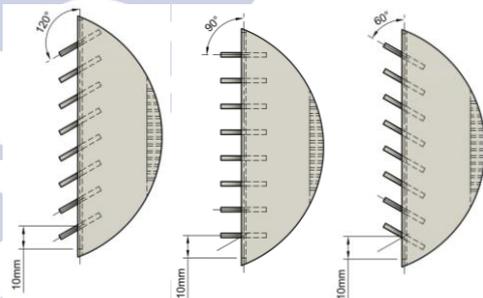


**Gambar 5.** Ukuran Insulasi

**Tabel 6.** Spesifikasi Insulasi

Spesifikasi	Ukuran
Panjang	100 mm
Lebar	100 mm
Tebal	3,4 mm
Material	Low-Density EPS
Density	15 kg/m <sup>3</sup>
Specific Heat	1200 J/(kg K)
Thermal Conductivity	0,035 W/(m K)

**Variabel Penelitian**



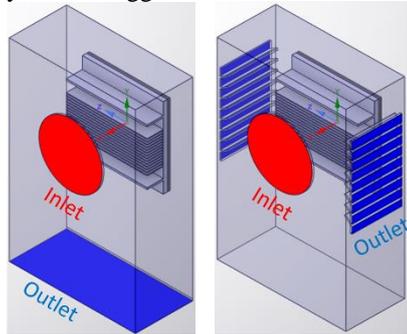
**Gambar 6.** Sudut *Louver* yang digunakan 60, 90,120

- Variabel Bebas : Sudut louver 60°,90°,120°, dan tanpa louver.
- Variabel Terikat : Temp. Outlet, Temp. Heatsink, Heat Transfer, Kecepatan Udara,
- Variabel Kontrol : TEC1-12706 daya 50 Watt dan Axial Fan 3,1 m/s, Temperature ruang 305 K

**Teknik Analisa Data**

Data diperoleh dari hasil simulasi numerik dengan perangkat lunak ANSYS Fluent versi Student 24.2.0, di mana model geometri dibuat dan dimodifikasi di ANSYS SpaceClaim. Proses pra-pemrosesan mencakup

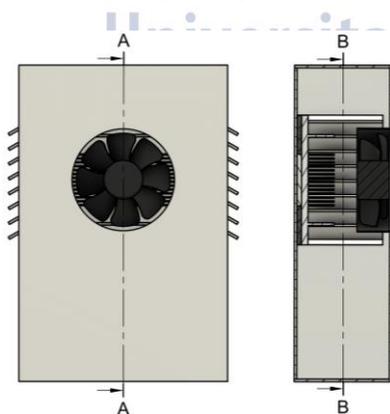
pembuatan geometri, ekstraksi volume fluida, serta meshing menggunakan metode *poly-hexacore* model turbulen STANDARD k-ε. Pengujian dilakukan dengan memodelkan domain pendinginan yang mencakup saluran masuk (inlet), heatsink, TEC, dan saluran keluar (outlet), di mana kipas menghasilkan laju aliran udara (3,1 m/s) menuju heatsink. Simulasi dikondisikan dalam mode steady state menggunakan metode solusi SIMPLE.



**Gambar 7.** Eksrak volume tanpa *louver* dan ber-*louver*

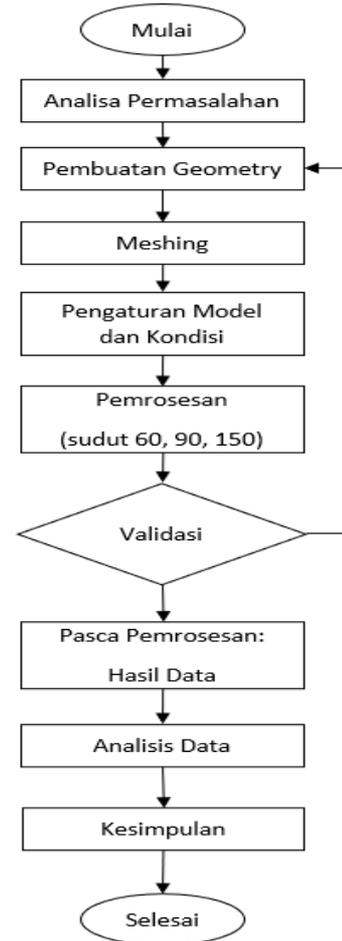
Data yang dikumpulkan berupa temperatur outlet, temperatur heatsink, tekanan dan kecepatan fluida, serta distribusi kontur suhu dan vektor kecepatan. Analisis dilakukan secara deskriptif kuantitatif untuk membandingkan performa termal tiap variasi sudut *louver*. Validasi dilakukan dengan metode grid independency untuk memastikan hasil simulasi tidak bergantung pada jumlah mesh. Dengan pendekatan ini, diharapkan diperoleh pemahaman yang mendalam mengenai pengaruh konfigurasi *louver* terhadap efisiensi pendinginan *fish coolerbox* berbasis *thermoelectric cooler*.

Untuk mengetahui bagaimana perilaku aliran udara di dalam sistem pendingin, dilakukan visualisasi dalam bentuk kontur kecepatan, distribusi tekanan, dan sebaran temperatur, yang masing-masing merepresentasikan karakteristik aliran. Pengambilan kontur hasil simulasi dilakukan dengan memotong domain aliran menggunakan bidang potong yang didapat dari potongan arah A dan potongan lain dimulai dari bagian belakang chasing sistem pendingin sesuai dengan arah B pada gambar 8, dengan jarak antar potongan sebesar 5 mm secara bertahap menuju bagian depan sistem.



**Gambar 8.** A. Potongan vertikal dari bagian depan B. Potongan vertikal dari bagian samping

**Diagram Alir Penelitian**



**Gambar 9.** Flowchart Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**  
**Grid Independence**

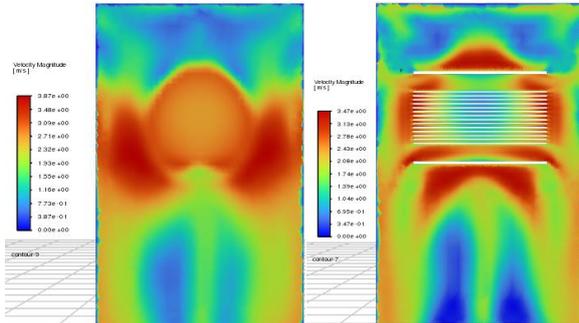
Uji grid independency dilakukan pada lima variasi jumlah elemen mesh, mulai dari 148.401 hingga 827.102 cell. Parameter yang dibandingkan meliputi kecepatan udara pada outlet, suhu udara di outlet, suhu heatsink, dan suhu permukaan TEC. Berdasarkan Tabel 7, terlihat bahwa pada level 1 dan level 2, perubahan suhu dan kecepatan udara masih cukup signifikan. Suhu outlet berubah dari 321,7495 K menjadi 322,7306 K, dan suhu permukaan TEC menurun dari 335,59 K menjadi 333,36 K. Pada level 4 dan level 5, nilai suhu outlet hanya berubah sekitar 0,02 K, dan suhu TEC-Heatsink hanya berubah 0,15 K, menunjukkan bahwa hasil sudah mendekati nilai stabil. Dengan demikian, level 5 dipilih sebagai konfigurasi mesh optimum dalam penelitian ini.

**Tabel 7.** Hasil Grid Independency Test

Level Mesh	Mesh (cell)	V outlet (m/s)	T outlet (°K)	T TEC (°K)
1	148401	3,79	321,75	335,59
2	354617	3,80	322,73	333,36
3	527860	3,82	322,25	332
4	669227	3,84	321,74	331,84
5	827102	3,83	321,76	331,82

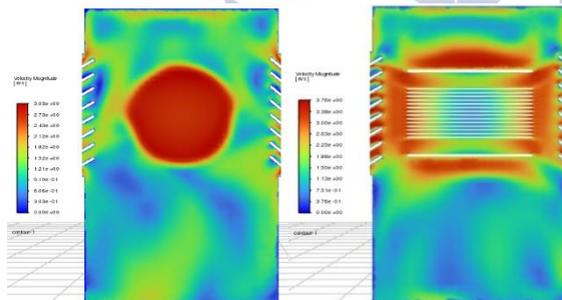
**Karakteristik Kecepatan Fluida**

Berdasarkan hasil simulasi numerik yang divisualisasikan dalam bentuk kontur kecepatan. Kontur diambil dari plane potongan B Gambar 8. pada jarak 50 mm tepat memotong daerah inlet dan pada 15 mm pada bagian heatsink.

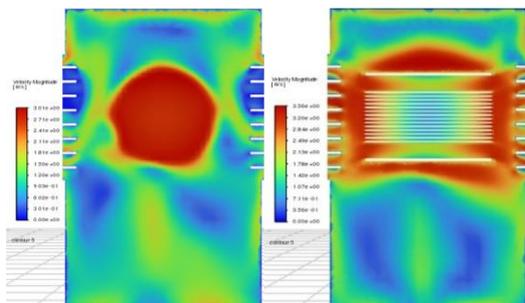


**Gambar 10.** Kontur Kecepatan tanpa *Louver*

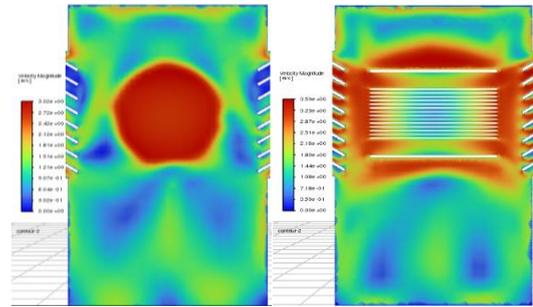
Pada konfigurasi tanpa kisi, udara cenderung mengalir lurus dari inlet ke outlet bawah tanpa hambatan, sehingga area yang dilewati terbatas pada bagian tengah chasing. Hal ini menyebabkan bagian samping heatsink tidak tersapu secara merata oleh udara. Dari hasil visual Gambar 9., terlihat warna merah pekat langsung menuju ke bagian bawah, menunjukkan aliran cepat keluar dengan kontak termal yang minim terhadap permukaan sirip. Ini mengakibatkan kecepatan outlet hanya sebesar 2,81 m/s, lebih rendah dari kecepatan inlet.



**Gambar 11.** Kontur Kecepatan Sudut 60



**Gambar 12.** Kontur Kecepatan Sudut 90

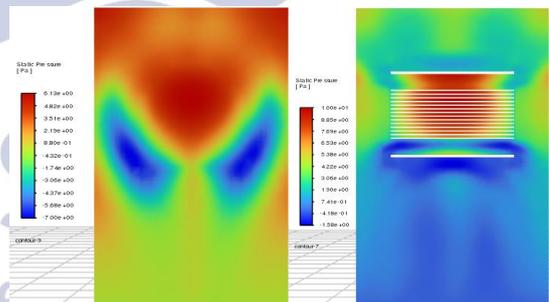


**Gambar 13.** Kontur Kecepatan Sudut 120

Sebaliknya, konfigurasi dengan louver mampu mengarahkan aliran udara ke sisi kiri dan kanan chasing, memperpanjang waktu tinggal udara di dalam sistem, serta memperluas distribusi ke area heatsink secara menyeluruh. Sudut kisi 60° menghasilkan kecepatan outlet tertinggi, yaitu 3,83 m/s. Hal ini menunjukkan bahwa arah kisi mengarahkan udara secara optimal dengan sedikit gangguan aliran, sekaligus menambah tekanan dinamis akibat hambatan yang ringan. Sudut 120° menghasilkan kecepatan outlet sebesar 3,79 m/s, dengan distribusi aliran yang cenderung menyebar ke sisi chasing lebih luas, sedangkan sudut 90° menghasilkan kecepatan outlet 3,65 m/s dengan pola aliran paling simetris dan merata.

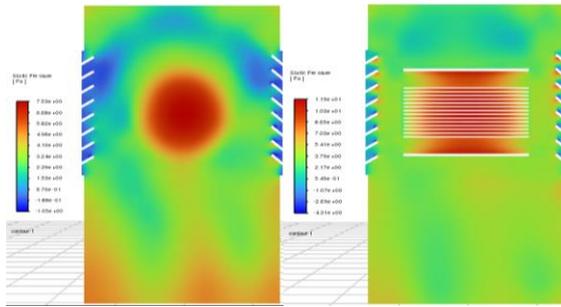
**Karakteristik Tekanan**

Visualisasi tekanan statis dari hasil simulasi menunjukkan perbedaan distribusi tekanan di dalam chasing yang disebabkan oleh variasi geometri outlet, khususnya keberadaan dan sudut kisi (*louver*). Kontur diambil dari plane potongan B Gambar 8. pada jarak 50 mm tepat memotong daerah inlet dan pada 15 mm pada bagian heatsink.

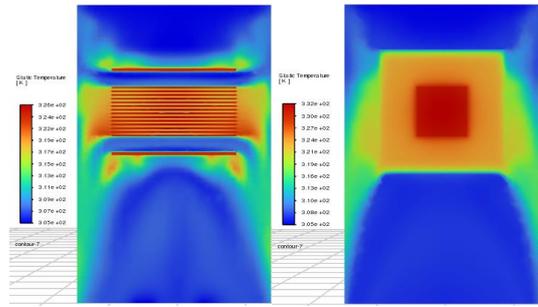


**Gambar 14.** Kontur Tekanan Tanpa *Louver*

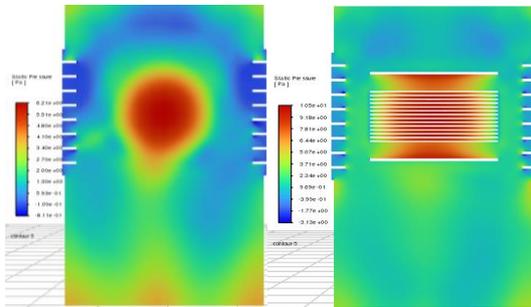
Pada konfigurasi tanpa louver, aliran udara mengalir langsung dari fan menuju outlet tanpa banyak hambatan. Gambar menunjukkan dominasi warna biru hingga hijau di sekitar outlet, yang mengindikasikan tekanan rendah. Hal ini diperkuat oleh nilai tekanan outlet sebesar 0,1456 Pa, yang menjadi paling rendah di antara seluruh konfigurasi. Tekanan rendah ini mencerminkan kondisi aliran bebas yang tidak tertahan, tetapi sekaligus menunjukkan minimnya hambatan yang memungkinkan waktu tinggal udara sangat singkat, sehingga efisiensi penyerapan panas berkurang.



Gambar 15. Kontur Tekanan Sudut 60

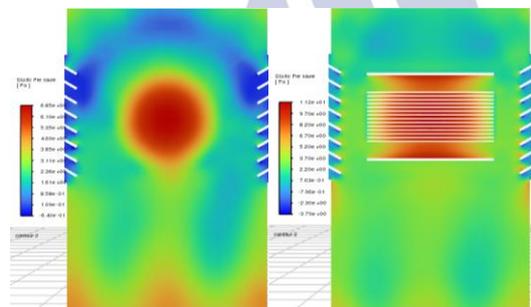


Gambar 18. Kontur Temperatur Tanpa Louver

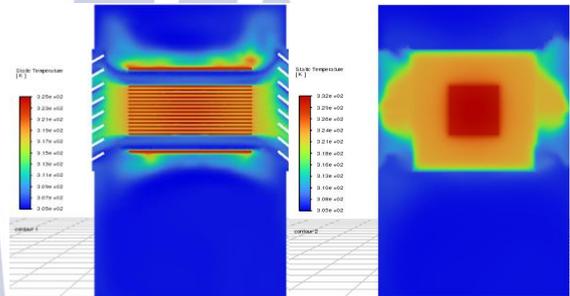


Gambar 16. Kontur Tekanan Sudut 90

Pada konfigurasi tanpa kisi (louver), temperatur maksimum pada outlet hanya mencapai 312,13 °K, jauh lebih rendah dibandingkan konfigurasi berlouver. Nilai ini mencerminkan pelepasan panas yang tidak optimal akibat aliran udara yang langsung keluar tanpa menyapu permukaan heatsink secara menyeluruh. Minimnya kontak termal antara aliran udara dengan permukaan pendingin menyebabkan akumulasi panas di area sekitar TEC, yang tercermin dari temperatur maksimum heatsink yang justru lebih tinggi (328,21 °K).



Gambar 17. Kontur Tekanan Sudut 120

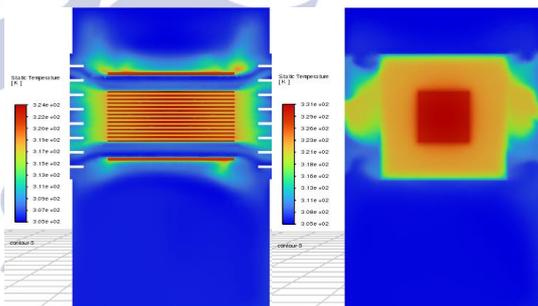


Gambar 19. Kontur Temperatur Sudut 60

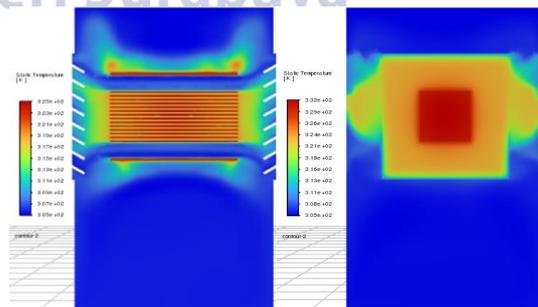
Sementara itu, pada konfigurasi dengan kisi, terjadi peningkatan tekanan yang signifikan. Sudut 60° menunjukkan tekanan outlet 0,973 Pa, dengan sebaran tekanan yang relatif terpusat di area sekitar kisi, menunjukkan adanya perlawanan aliran akibat perubahan arah oleh kisi, yang berperan meningkatkan waktu tinggal udara dalam sistem. Pada sudut 90°, tekanan outlet hampir serupa, yaitu 0,958 Pa, tetapi distribusi tekanan lebih simetris dan stabil di sisi chasing, mencerminkan kondisi aliran yang seimbang ke dua sisi tanpa dominasi salah satu arah. Konfigurasi sudut 120° menghasilkan nilai tekanan outlet tertinggi, yaitu 1,55 Pa, yang secara visual ditandai dengan munculnya warna merah yang dominan di sekitar kisi outlet. Ini menunjukkan adanya akumulasi tekanan yang besar akibat hambatan geometris yang signifikan.

### Karakteristik Temperatur

Kontur diambil dari plane potongan B Gambar 8, pada jarak 3,5 mm tepat memotong daerah peltier – heatsink dan pada 15 mm pada bagian heatsink.



Gambar 20. Kontur Temperatur Sudut 90



Gambar 21. Kontur Temperatur Sudut 120

konfigurasi dengan kisi sudut 60° menunjukkan performa pelepasan panas yang paling optimal. Temperatur maksimum outlet mencapai 321,76 °K,

mendekati suhu maksimum sistem (331,82 °K), yang menandakan bahwa aliran udara mampu menyerap panas lebih banyak sebelum meninggalkan chasing. Konfigurasi sudut 120° menghasilkan temperatur outlet tertinggi (322,34 °K). Meski aliran udara menyebar lebih luas, sudut ini tampaknya menciptakan hambatan yang cukup besar, sehingga udara menumpuk dan menyebabkan kenaikan suhu lokal di sekitar outlet. Konfigurasi 90° menunjukkan hasil termal yang berada di antara sudut 60° dan 120°. Distribusi suhu dalam sistem cenderung simetris dan stabil, menunjukkan pola aliran yang relatif merata dan tidak menyebabkan penumpukan panas signifikan di salah satu sisi.

**Perhitungan Koefisien Konveksi**

Koefisien Konveksi (h) adalah besaran yang menyatakan seberapa efektif panas dapat berpindah dari permukaan padat ke fluida melalui proses konveksi. Nilai koefisien konveksi bergantung pada kecepatan aliran udara, sifat termofisik fluida, serta kondisi permukaan. Semakin tinggi nilai h, semakin cepat panas berpindah dari permukaan ke fluida, yang menandakan sistem perpindahan panas yang lebih efisien. Sistem pendinginan ini bekerja berdasarkan prinsip konveksi paksa, di mana udara dialirkan oleh kipas melalui heatsink. Untuk menghitung laju perpindahan panas konveksi, digunakan pendekatan numerik dengan memanfaatkan bilangan tak berdimensi Reynolds (Re), Nusselt (Nu), dan Prandtl (Pr). Untuk menghitung bilangan Reynold (Re) tersebut bisa menggunakan rumus berikut:

$$Re = \frac{u \cdot L}{\nu}$$

Dimana u adalah kecepatan udara, L adalah tinggi sirip, dan ν adalah viskositas dinamik fluida pada temperature tertentu. Pada kasus ini temperature yang digunakan merupakan hasil simulasi numerik pada bagian heatsink. Nilai ν didapatkan dari tabel properti fluida dalam 1 atmosfer secara interpolasi:

T (K)	ρ (kg/m³)	Cp (kJ/kg·K)	μ · 10 <sup>7</sup> (N·s/m²)	ν · 10 <sup>6</sup> (m²/s)	k · 10 <sup>3</sup> (W/m·K)	α · 10 <sup>6</sup> (m²/s)	Pr
<b>Air</b>							
100	3.5562	1.032	71.1	2.00	9.34	2.54	0.786
150	2.3364	1.012	103.4	4.426	13.8	5.84	0.758
200	1.7458	1.007	132.5	7.590	18.1	10.3	0.737
250	1.3047	1.006	159.6	11.44	22.3	15.0	0.720
300	1.1614	1.007	184.6	15.89	26.3	22.5	0.707
350	0.9950	1.009	208.2	20.92	30.0	29.9	0.700
400	0.8711	1.014	230.1	26.41	35.8	38.3	0.690
450	0.7740	1.021	250.7	32.39	37.3	47.2	0.686
500	0.6964	1.030	270.1	38.79	40.7	56.7	0.684
550	0.6329	1.040	288.4	45.57	43.9	66.7	0.683

**Gambar 22.** Properti fluida 1 atmosfer  
**Tabel 8.** Perhitungan Bilangan Reynold

Sudut	u (m/s)	T heatsink (°K)	ν (m²/s)	L (m)	Re
60	3,83	327,17	18,62 x 10 <sup>-6</sup>	0,02	4113,15
90	3,65	326,52	18,56 x 10 <sup>-6</sup>		3933,63
120	3,79	327,05	18,61 x 10 <sup>-6</sup>		4072,66
tanpa	2,81	327,68	18,67 x 10 <sup>-6</sup>		3009,37

Setelah bilangan Reynold ditemukan, selanjutnya adalah menghitung bilangan Nusselt. Dalam menghitung bilangan Nusselt rumus yang digunakan adalah:

$$Nu = 0.664 \cdot Re^{1/2} \cdot Pr^{1/3}$$

Dimana bilangan Nusselt (Nu) didapat dari perkalian bilangan Reynold (Re) dan bilangan Prandtl (Pr). dengan nilai Prandtl number (Pr) udara pada suhu 305 K diambil sebesar 0,7. Setelah bilangan Nusselt (Nu) diketahui, maka koefisien konveksi (h) dapat dicari menggunakan rumus berikut:

$$h = \frac{Nu \cdot k_f}{L}$$

Dimana k<sub>f</sub> adalah konduktivitas termal fluida dan L adalah panjang karakteristik yang diambil dari ketinggian sirip heatsink.

**Tabel 9.** Perhitungan Koefisien Konveksi

Sudut	Re	Pr	Nu	k <sub>f</sub> (W/m.K)	L (m)	h (W/m².K)
60	4113,15	0,7	37,81	28,31 x 10 <sup>-3</sup>	0,02	53,52
90	3933,63		36,97	28,26 x 10 <sup>-3</sup>		52,25
120	4072,66		37,62	28,30 x 10 <sup>-3</sup>		53,24
tanpa	3009,37		32,34	28,35 x 10 <sup>-3</sup>		45,84

**Daya Perpindahan Panas**

Setelah memperoleh data temperatur dan aliran udara dari hasil simulasi, tahap selanjutnya adalah menghitung daya perpindahan panas pada heatsink. Q Heatsink dapat diketahui melalui rumus (Incropera et al., 2007, hlm. 144)

$$Q_{fin} = \sqrt{h \cdot P \cdot k \cdot A_c} \cdot \Delta T \cdot \tanh(mL_f)$$

Dimana untuk mencari parameter m (karakteristik sirip) didapat dari rumus:

$$m = \sqrt{\frac{h \cdot P}{k \cdot A_c}}$$

Dimana h adalah koefisien konveksi, k adalah koefisien konduksi, L adalah panjang sirip, P adalah keliling penampang (2w + 2t = 2 (40 mm + 1 mm) = 82 mm), A<sub>c</sub> adalah Luas Penampang Lintang Sirip (w x t=40 mm x 1 mm = 40 mm<sup>2</sup>), dan ΔT = Beda Temperature base heatsink dengan temperatur udara bebas.

**Tabel 10.** Perhitungan Karakteristik Sirip

Sudut	h (W/m²K)	P (m)	k (W/mK)	A <sub>c</sub> (m²)	ΔT (K)
60	53,52	0,082	202,4	4 x 10 <sup>-5</sup>	22,7
90	52,25				22,05
120	53,24				22,58
tanpa	45,84				23,21

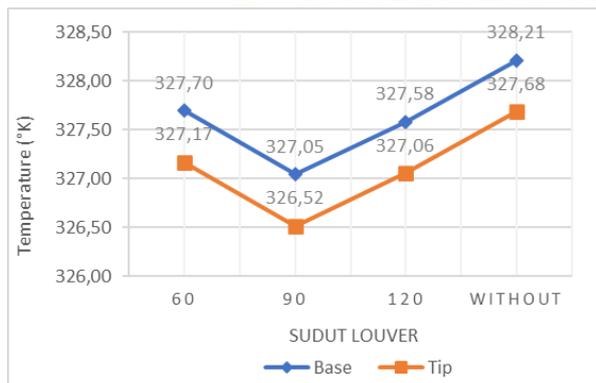
**Tabel 11.** Perhitungan Daya Perpindahan Panas

Sudut	m	Lf	Q (W)
60	23,28	0,02	1,86
90	23		1,76
120	23,22		1,84
tanpa	21,55		1,64

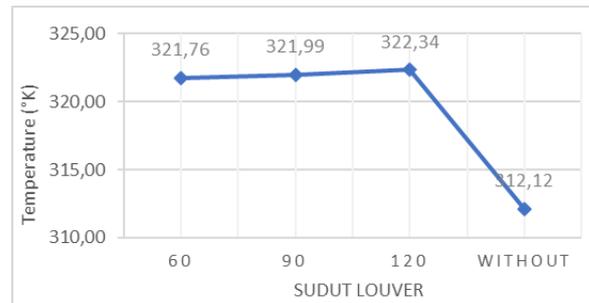
Hasil perpindahan panas pada fin tabel 10 akan dikalikan dengan jumlah fin sebanyak 14 sesuai dengan jumlah fin pada heatsink pada gambar 4. Sudut 60 memberikan nilai  $Q_{fin}$  tertinggi yaitu 26,04 W, dengan nilai  $h$  paling tinggi (53,52 W/m<sup>2</sup>·K) dan  $\Delta T$  sebesar 22,17 K. Hal ini menunjukkan bahwa aliran udara dengan sudut 60° mampu meningkatkan perpindahan panas secara signifikan karena menghasilkan kombinasi koefisien konveksi dan distribusi temperatur yang ideal. Sudut 90° menghasilkan  $Q_{fin}$  sebesar 24,72 W, sedikit lebih rendah akibat nilai  $h$  dan  $\Delta T$  yang juga lebih kecil. Menariknya, sudut 120° menghasilkan  $Q_{fin}$  sebesar 25,78 W, mendekati performa sudut 60°, meskipun nilai  $h$ -nya sedikit lebih rendah. Hal ini diduga akibat tekanan outlet yang tinggi memperlama waktu tinggal udara di area sirip. Konfigurasi tanpa louver menghasilkan  $Q_{fin}$  paling rendah yaitu 23,02 W, meskipun  $\Delta T$ -nya tertinggi. Ini menunjukkan bahwa tanpa kontrol arah aliran (louver), kecepatan dan distribusi udara kurang optimal untuk melepaskan panas dari sirip.

**Hasil Analisa Data**

Louver bersudut 60 menghasilkan temperature base 327.69K dan temperature tip sebesar 327.17 K. Chasing tanpa louver akan menghasilkan temperature base 328.21 K dan temperature tip 327.68K. Selanjutnya, hasil pengukuran juga memperlihatkan perbedaan suhu fluida yang dihasilkan oleh outlet setelah melewati louver. Louver dengan sudut 60 menghasilkan temperature fluida sebesar 321,76K. Louver dengan sudut 90 menghasilkan temperature fluida sebesar 321,28K. Louver dengan sudut 120 menghasilkan temperature fluida tertinggi sebesar 322,34 K. Casing tanpa louver menghasilkan temperature outlet terendah yaitu sebesar 312,13 K.



**Gambar 23.** Grafik Temperatur Heatsink

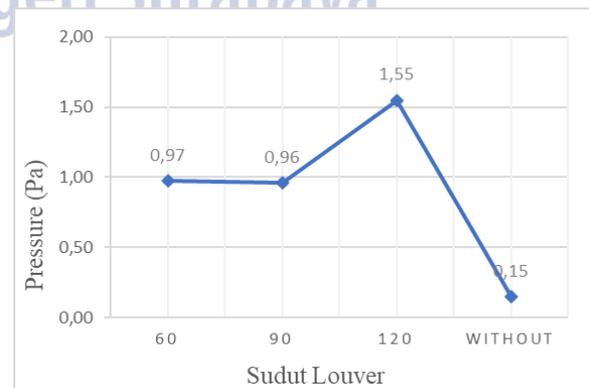


**Gambar 24.** Grafik Temperatur Outlet

Hasil Pengukuran menunjukkan bahwa louver sudut 60 dapat menghasilkan tekanan sebesar 0,973 Pa. Louver dengan sudut 90 dapat menghasilkan tekanan 0,958 Pa. Louver dengan sudut 120 menghasilkan tekanan terbesar dengan nominal 1,55Pa. Casing tanpa louver menghasilkan tekanan terendah sebesar 0,145 Pa. Selain itu, pengukuran juga dilakukan terhadap kecepatan aliran udara, yang dinyatakan dengan velocity. Casing dengan louver 60 menghasilkan kecepatan udara tertinggi sebesar 3,83 m/s. Louver 90 menghasilkan velocity 3,65 m/s. Louver dengan sudut 120 menghasilkan kecepatan udara sebesar 3,79 m/s. Casing tanpa louver akan menghasilkan kecepatan udara terendah sebesar 2,81 m/s. Perbedaan tekanan dan kecepatan aliran udara ini menunjukkan bahwa sudut louver berpengaruh terhadap karakteristik aliran fluida pada outlet casing. Louver sudut 60° mampu menciptakan keseimbangan optimal antara tekanan dan kecepatan, sehingga mendukung efisiensi pelepasan panas secara maksimal dalam sistem pendingin

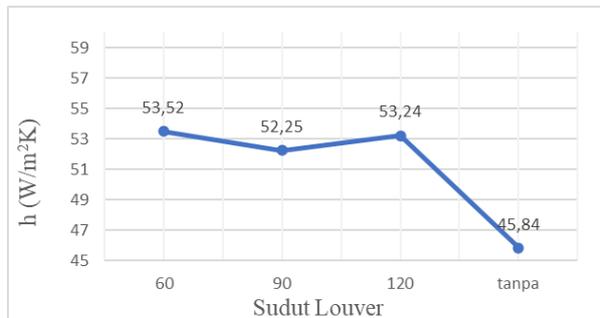


**Gambar 25.** Grafik Kecepatan Fluida Outlet



**Gambar 26.** Grafik tekanan Outlet Fluida

Nilai  $h$  tertinggi diperoleh pada sudut  $60^\circ$  yaitu  $53,52 \text{ W/m}^2\text{K}$ , kemudian  $120^\circ$  sebesar  $53,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ , sudut  $90^\circ$  sebesar  $52,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dan tanpa louver sebesar  $45,84 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Perbedaan nilai  $h$  ini memperkuat bahwa adanya louver, terutama pada sudut optimal, dapat meningkatkan perpindahan panas dari heatsink ke udara secara signifikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa sudut  $60^\circ$  dan  $120^\circ$  menghasilkan kinerja konveksi termal tertinggi yang ditunjukkan oleh parameter bilangan Reynolds ( $Re$ ), bilangan Nusselt ( $Nu$ ), dan koefisien perpindahan panas ( $h$ ). Sebaliknya, sistem tanpa louver mencatat efisiensi perpindahan panas yang paling rendah.



Gambar 27. Grafik Koefisien Konveksi

### Simpulan

Berdasarkan hasil simulasi numerik dan analisis performa sistem pendingin fish coolerbox berbasis Thermoelectric Cooler (TEC), dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan kisi (louver) pada outlet chasing terbukti memengaruhi arah dan distribusi aliran udara. Variasi sudut kisi juga berdampak terhadap distribusi tekanan dalam chasing, meningkatkan kecepatan dan kestabilan aliran udara sehingga mendukung proses perpindahan panas konvektif.
2. Variasi sudut kisi juga berdampak signifikan terhadap distribusi tekanan dalam chasing. Sudut  $120^\circ$  menghasilkan tekanan outlet tertinggi sebesar  $1,55 \text{ Pa}$ , yang menunjukkan adanya resistensi aliran akibat perubahan arah udara yang besar. Sebaliknya, tekanan terendah terjadi pada sistem tanpa kisi, yaitu hanya  $0,1456 \text{ Pa}$ , yang mencerminkan aliran langsung tanpa kontrol arah. Tekanan tinggi ini menunjukkan peningkatan waktu tinggal udara dalam sistem, namun perlu dioptimalkan agar tidak menimbulkan akumulasi panas.
3. Pada Efektivitas Perpindahan Panas Konveksi dan Konduksi, Sudut  $60^\circ$  memberikan nilai daya perpindahan panas tertinggi, yaitu  $26,04 \text{ W}$ , diikuti oleh sudut  $120^\circ$  ( $25,78 \text{ W}$ ) dan  $90^\circ$  ( $24,72 \text{ W}$ ). Tanpa kisi menghasilkan perpindahan panas terendah yaitu  $23,02 \text{ W}$ .
4. Berdasarkan seluruh parameter kecepatan aliran, tekanan, laju perpindahan panas, dan distribusi temperatur yang telah di analisis, konfigurasi kisi sudut  $60^\circ$  merupakan yang paling optimal dengan peningkatan koefisien konveksi sekitar  $16,78\%$  dibanding tanpa louver. Sudut ini mampu menjaga keseimbangan antara arah aliran, tekanan sistem, dan efisiensi termal, serta menghasilkan performa

pendinginan yang paling efektif dalam konteks sistem fish coolerbox berbasis TEC.

### Saran

Penelitian ini dilakukan secara numerik menggunakan simulasi CFD pada software Ansys Fluent. Untuk memperoleh validasi hasil secara lebih menyeluruh, disarankan agar dilakukan pengujian eksperimental secara langsung pada prototipe fisik sistem pendingin, agar dapat dibandingkan dengan hasil simulasi dan diperoleh koreksi parameter lebih presisi.

Disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan yang lebih mendalam terhadap desain chasing sistem pendingin dengan sudut kisi  $60^\circ$ , mengingat konfigurasi ini menunjukkan performa termal terbaik. Selain itu, penting untuk mengeksplorasi pengaruh variabel lain seperti bentuk dan arah kisi, variasi desain heatsink, kondisi lingkungan sekitar (misalnya suhu dan kelembapan), besar beban termal dari modul termoelektrik, serta karakteristik aliran udara yang dihasilkan oleh kipas dalam berbagai kondisi operasional.

### DAFTAR PUSTAKA

- Biswas, O., & Kandasamy, P. (2021). *Development and experimental investigation of portable solar-powered thermoelectric cooler for preservation of perishable foods*. *International Journal Of Renewable Energy Research*, 11(3), 1292–1302
- Fadhli, I., Dewi, E. N., & Fahmi, A. S. (2022). *Aplikasi methyl red sebagai label indikator kesegaran ikan bandeng (chanos chanos) pada suhu penyimpanan dingin yang berbeda*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 4(1), 15–23.
- Gong, T., Wu, Y., Gao, L., Zhang, L., Li, J., & Ming, T. (2019). *Thermo-mechanical analysis on a compact thermoelectric cooler*. *Energy*, 172, 1211–1224.
- Herawanty, Asni, A., & Ernaningsih. (2021). *Analisis penanganan hasil tangkapan kapal purse seine di kabupaten bantaeng*. *Journal of Indonesian Tropical Fisheries*, 4(1), 61–73.
- Hilmy, M., & Maulana, D. (2022). *Pengaruh penerapan perforated façade terhadap aliran udara di interior bangunan gedung*. *LANGKAU BETANG: JURNAL ARSITEKTUR*, 9(1), 34.
- Incropera, De Witt, Berman, & Lavine. (2007). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* (6th ed.). Wiley & sons
- Jiang, F., Yuan, Y., Li, Z., Zhao, Q., & Zhao, K. (2020). *Correlations for the forced convective heat transfer at a windward building façade with exterior Louver blinds*. *Solar Energy*, 209, 709–723.
- Lubis, R. E., Yulianti, N. L., & Widia, I. W. (2020). *Studi beban pendinginan ikan menggunakan brine dengan jenis garam dan konsentrasi berbeda*. *Jurnal Beta (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, 8(1), 71–78.

- Ma, R., Tao, S., Li, Z., Yuan, Y., & Jiang, F. (2022a). *Investigation on forced convective heat transfer at the building façade with louver blinds under different wind directions*. *Buildings*, 12(8), 1-17.
- Redho, A., Irawan, D., Julianto, E., & Fadhilah, R. (2023). *Effect of cooling using added peltier ice pack on cool box*. *International Journal of Mechanical Engineering*, 8, 72-79.
- Setiawan, A., Wahyuni, T., Asianto, A. D., Malika, R., Retno, R. A., Listyowati, T., Rakhman, F. A., Indria, P. D., Tambunan, M. L. M., Arifah, F. A., Putra, H. I. K., & Narentar, J. E. S. (2024). *Kelautan dan Perikanan dalam angka tahun 2024* (K. F. Rahmantya, D. Arriyana, & Susiyanti, Eds.; Vol. 11). Pusat Data, Statistik dan Informasi.
- Wiranti, A. N. (2020). *Efektivitas larutan cuka (asam asetat) dalam pengurangan kadar formalin pada ikan tongkol (Euthynnus affinis)*. *AGIL.Molecules*, Vol. 2(1), 1-12.

