

STUDI NUMERIK PENGARUH TIPE *HEATSINK* DAN FAN TERHADAP PENDINGIN DISPENSER MIYAKO

Muhammad Fajar Al Kafi

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: muhammadfajar.19038@mhs.unesa.ac.id

Diastian Vinaya Wijanarko

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: diastianwijanarko@unesa.ac.id

Abstrak

Dispenser air minum dikembangkan untuk membantu memenuhi kebutuhan cairan tubuh dan menjaga kesehatan manusia sehingga digunakan teknologi termoelektrik dalam dispenser air sebagai alternatif pendingin air pada rentang suhu tertentu. *Heatsink* digunakan untuk meningkatkan kemampuan penyerapan dan pelepasan kalor pada termoelektrik, namun kinerja termoelektrik akan menurun jika perbedaan suhu antara heatsink dan ruang pendingin terlalu tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan *fan* dan jenis *heatsink* terhadap *nusselt number*. Selain itu juga untuk mengetahui karakteristik aliran fluida dan jumlah kalor yang dibuang pada *heatsink*. Penelitian ini merupakan penelitian *studi numerik* yang menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic* pada aplikasi *solidworks* dimana variasi pada penelitian ini adalah jenis bentuk *heatsink* yang digunakan yakni *heatsink* sirip sejajar dan *heatsink* sirip menyilang, selain itu juga terdapat variasi pada kecepatan *fan* sebesar 2000 RPM, 4000 RPM, dan 6000 RPM guna mengetahui pengaruh *heatsink* dan *fan* terhadap *nusselt number*, jumlah kalor yang dibuang, dan karakteristik aliran fluida. Hasil simulasi pada software *Solidworks Flow Simulation* menunjukkan bahwa *heatsink* tipe 1 dengan *fan* "Straight" 6000 Rpm memiliki kinerja yang baik dalam hal pressure. Sementara itu, *heatsink* tipe 3 dengan *fan* "Curved" 6000 rpm memiliki kinerja yang baik dalam hal velocity. *Heatsink* tipe 2 dengan *fan* "Straight" yang berputar pada 6000 Rpm memiliki nilai bilangan *Nusselt* tertinggi yaitu 18,61 dan mampu membuang jumlah kalor terbesar yaitu sebesar 5,127 Watt. Dalam kesimpulannya, pemilihan jenis *heatsink* dan *fan* yang sesuai dengan kebutuhan sistem sangat penting untuk mencapai kinerja pendinginan yang optimal.

Kata Kunci : *Heatsink*, *Fan*, Bilangan *Nusselt*.

Abstract

Water dispenser developed to help meet the body's fluid needs and maintain human health, therefore, thermoelectric technology is used in the water dispenser as an alternative for cooling water within a specific temperature range. Heatsinks are used to enhance heat absorption and dissipation capabilities in thermoelectric systems, but the performance of thermoelectric systems will decline if the temperature difference between the heatsink and the cooling space is too high. This research aims to determine the influence of fan speed and heatsink type on the Nusselt number. Additionally, it aims to understand the characteristics of fluid flow and the amount of heat dissipated by the heatsink. This research is a numerical study conducted using Computational Fluid Dynamics (CFD) with SolidWorks application. The variations in this research involve two types of heatsinks used: parallel fin heatsink and cross fin heatsink. Furthermore, fan speeds of 2000 RPM, 4000 RPM, and 6000 RPM were used to investigate the effects of heatsink and fan on the Nusselt number, heat dissipation, and fluid flow characteristics. The simulation results using SolidWorks Flow Simulation software indicate that the Type 1 heatsink with a "Straight" fan at 6000 RPM shows good performance in terms of pressure. On the other hand, the Type 3 heatsink with a "Curved" fan at 6000 RPM exhibits good performance in terms of velocity. The Type 2 heatsink with a "Straight" fan rotating at 6000 RPM has the highest Nusselt number, which is 18,61, and is capable of dissipating the most significant amount of heat, which is 5,127 Watts. In conclusion, choosing the appropriate heatsink and fan type according to the system's requirements is crucial to achieve optimal cooling performance.

Keywords: *Heatsink*, *Fan*, *Nusselt Number*.

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam terpenting kedua bagi makhluk hidup. Setidaknya 80% tubuh terdiri dari cairan (air). Air minum merupakan nutrisi yang penting bagi manusia. Kebutuhan air minum setiap individu akan berbeda tergantung dari kegiatan fisik, berat badan manusia, usia, iklim (suhu), dan pola makan. Kebutuhan

harian akan air dinyatakan sebagai proporsi dari jumlah energi yang dikeluarkan oleh tubuh dalam kondisi lingkungan rata-rata. Untuk orang dewasa dibutuhkan 1,0-1,5 ml / kkal, sedangkan untuk bayi 1,5 ml / kkal. Departemen Kesehatan, berdasar Pesan Dasar Umum Gizi Seimbang menyarankan untuk mengkonsumsi minimal 8 gelas air atau 2 liter minum setiap hari dalam kondisi lingkungan normal guna memenuhi kebutuhan cairan

tubuh serta menjaga kesehatan. Oleh karena itu banyak perusahaan yang mengembangkan dispenser air minum untuk mendukung dalam memenuhi cairan tubuh manusia.

Dispenser air adalah salah satu alat rumah tangga yang menggunakan listrik untuk dapat memanaskan air dan mendinginkan air. Termoelektrik menjadi salah satu sumber alternatif dispenser air dalam penerapan pendingin air diluar penerapan lainnya yang banyak sekali diterapkan pengaplikasiannya.

Termoelektrik merupakan suatu perangkat yang dapat mengkonversi energi kalor (perbedaan temperatur) menjadi energi listrik secara langsung. Termoelektrik dalam proses pendinginan, kinerjanya sangat dipengaruhi oleh kemampuannya dalam melepaskan kalor. Perbedaan temperatur sisi dingin dan sisi panas dari termoelektrik akan mempengaruhi peningkatan laju aliran kalor yang dihasilkan, dimana semakin kecil perbedaan temperatur maka akan meningkatkan laju aliran kalor dari sistim tersebut. Oleh karena itu untuk meningkatkan penyerapan dan pelepasan kalor termoelektrik biasanya ditambahkan alat yang berupa heatsink.

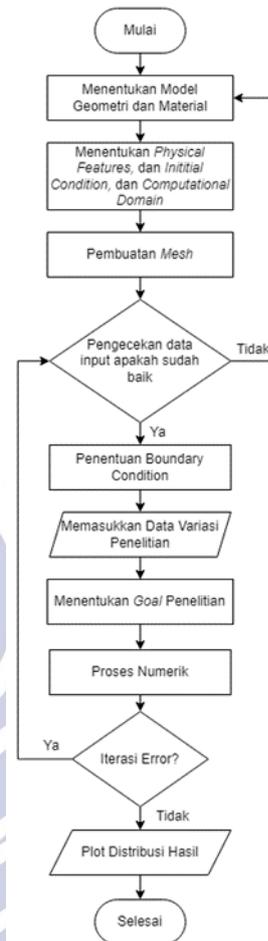
Heatsink diletakkan pada sisi yang dingin maupun sisi panas pada termoelektrik untuk meningkatkan laju aliran kalor. Namun penerapan termoelektrik pada mesin pendingin dispenser air minum menggunakan satu modul termoelektrik hanya bisa dioperasikan dengan rentang temperatur yang minim, karena ketika rasio temperatur heatsink dan ruang pendingin tinggi maka termoelektrik akan kehilangan kinerjanya. Oleh karena itu apabila heatsink pada termoelektrik sudah mencapai kinerja maksimalnya, maka termoelektrik juga akan kehilangan kinerjanya.

Berdasarkan penelitian terdahulu, belum ada topik yang menganalisa tentang pengaruh tipe heatsink dan fan terhadap pendingin dispenser. Oleh karena itu penelitian ini perlu dilakukan mengingat pentingnya kebutuhan heatsink dan termoelektrik pada masa kini.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode studi numerik. Metode ini digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang diformulasikan secara matematik dengan cara operasi hitungan, sehingga digunakan juga metode *computational fluid dynamics* (CFD) karena kemampuannya untuk memperoleh parameter-parameter pengujian tanpa harus melakukan pengujian secara aktual. Alur penelitian secara umum terdiri dari 3 proses, yaitu *pre-processing*, *processing*, dan *post-processing*.

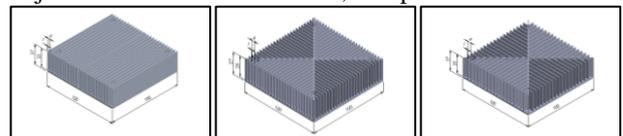
Diagram Alir Penelitian



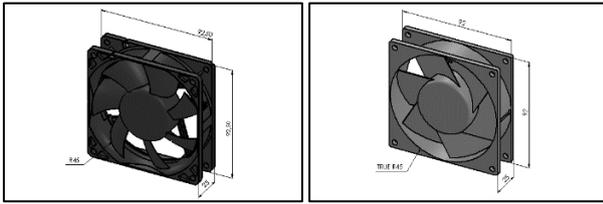
Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Pre-Processing

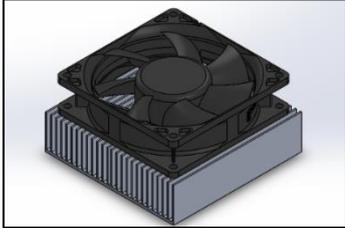
Tahap *preprocessing* merupakan tahap awal dari proses CFD, pada tahap ini akan dilakukan beberapa proses yakni menentukan model, material, *boundary condition*, dan pembuatan *mesh*. Proses pembuatan model dilakukan menggunakan *software* Solidwork 2015 dikarenakan lebih efektif dalam prosesnya. Secara umum kedua heatsink ini mempunyai dimensi yang sama yakni 100x100x27 mm, dengan ketebalan sirip sebesar 1 mm. Terdapat 3 model *heatsink* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *heatsink* sirip sejajar dengan jarak sirip 3 mm (tipe 1), *heatsink* sirip menyilang dengan jarak sirip 3 mm (tipe 2), dan *heatsink* sirip menyilang dengan jarak sirip 4 mm (tipe 3). *Heatsink* terbuat dari material aluminium 6061. Sedangkan *fan* yang digunakan pada penelitian ini adalah *fan* dengan jenis bilah "Curved" dan "Straight" America berjenis DC *brushless* 12 volt 0,5 ampere.



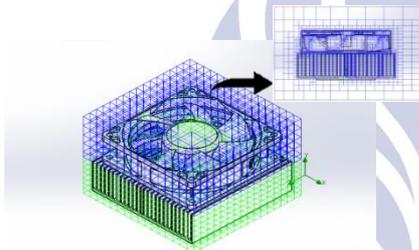
Gambar 2. Model Heatsink Tipe 1, Tipe 2, dan Tipe 3



Gambar 3. Model *Fan* “Curved” dan “Straight”



Gambar 4. Model rangkaian *heatsink* dan *fan Meshing* dibuat dengan bentuk *Tetrahedral* dengan dimensi yang sudah ditentukan berdasarkan *Computational Domain* sebesar 200x200x200 mm.



Gambar 5. *Mesh* pada model 3D

Boundary condition adalah nilai parameter yang diberikan pada model simulasi. Adapun parameter tersebut yaitu besaran *heat generation* yang didapatkan dari elemen peltier sebesar 10 W. Selain itu terdapat parameter variasi putaran *fan* sebesar 2000 Rpm, 4000 Rpm, dan 6000 Rpm.

Processing

Tahap *processing* merupakan tahap kedua dari proses *CFD* yang akan dilakukan beberapa proses yakni menentukan *physical features*, *initial condition*, dan *boundary condition*. Pemodelan kondisi fisik (*physical features*) mewakili kondisi kondisi kerja yang diinginkan. Jenis analisa simulasi ini adalah *external flow* dimana fluida bekerja di luar ruangan atau dalam hal ini diluar *heatsink* yang meliputi temperature *heatsink* beserta aliran fluida yang melalui *heatsink* dan *fan*. Analisa yang akan dilakukan adalah pada saat *heatsink* menerima panas dan *impeller fan* berputar. Pada pemodelan kondisi ini mengaktifkan fitur *heat conduction in solids* dan *rotation*. Fitur *rotation* diaktifkan dengan jenis *rotation frame* yang dipakai adalah *local region* dimana hanya bilah dari model *fan* yang akan berputar pada sumbu referensinya. *Physical features* lainnya tidak definisikan/tidak diaktifkan karena dianggap kondisi tersebut tidak menjadi cakupan analisa yang akan dilakukan atau tidak berpengaruh.

Initial Condition pada analisa *external flow* didefinisikan sebagai kondisi lingkungan di sekitar benda kerja. Sehingga pada simulasi nilai yang ditentukan berdasarkan tekanan lingkungan 1 atm dan temperatur lingkungan 20 °C.

Post-Processing

Postprocessing merupakan proses terakhir dalam simulasi dimana hasil perhitungan diinterpretasikan ke dalam gambar, grafik bahkan animasi dengan pola-pola warna tertentu. Pada tahap ini dilakukan pengambilan data hasil simulasi. Selain itu dilakukan visualisasi hasil simulasi meliputi kontur tekanan dan streamline. Plot distribusi hasil dilakukan pada data *goals* yang sudah didapat pada tahap *processing*.

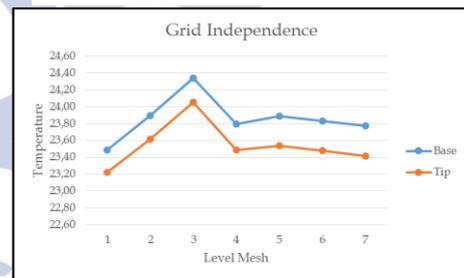
HASIL DAN PEMBAHASAN

Grid Independence

Salah satu cara untuk membuktikan keakuratan hasil simulasi adalah dengan menggunakan *grid independence* karena jumlah elemen yang banyak tidak dapat menjamin optimalisasi simulasi. Berikut ini adalah hasil *Grid Independence* yang dioperasikan pada salah satu kondisi batas yaitu fan berputar sebanyak 2000 Rpm dan dengan daya termal yang diterima dari termoelektrik sebesar 10W.

Tabel 1. Pengaruh Jumlah Mesh Terhadap Hasil Pada Simulasi

Level Mesh	Total Mesh	Temperature (°C)	
		Base	Tip
1	2,531	23,49	23,22
2	2,531	23,90	23,62
3	5,902	24,34	24,05
4	11,764	23,80	23,49
5	21,192	23,89	23,54
6	50,662	23,83	23,48
7	95,935	23,77	23,42



Gambar 6. Grasiik hasil *Grid Independence Test*

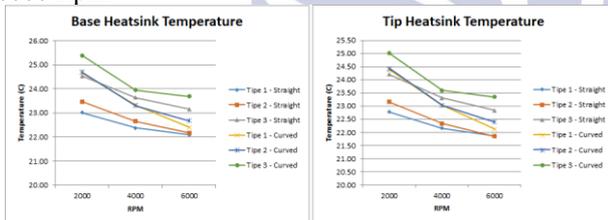
Hasil Penelitian

Simulasi dilakukan dengan menggunakan software *Solidworks Flow Simulation*. Level mesh yang digunakan adalah level 3 karena pada proses grid independensi sebelumnya menghasilkan hasil yang paling optimum. Data parameter diambil dari sisi atas atau luar fan dimana pada sisi ini udara keluar dari *heatsink*. Adapun data parameter yang diambil yaitu tekanan, temperature fluida, temperature *base* dan *tip heatsink*, dan laju aliran fluida.

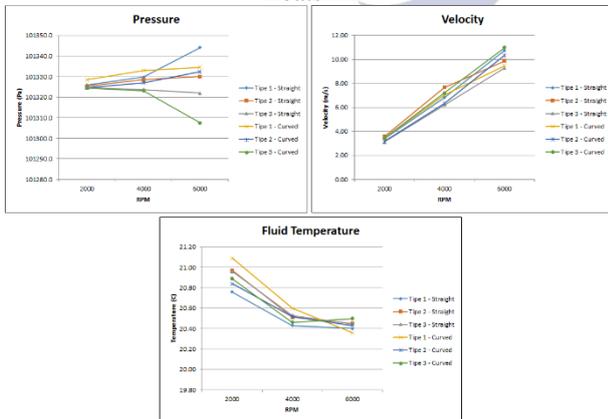
Tabel 2. Data Hasil Perhitungan Simulasi

Tipe Heatsink	Jenis Fan	RPM	Tekanan (Pa)	Temp. Heatsink (C)		Temp. Udara (C)	Laju aliran (m/s)
				base	tip		
Tipe 1	Straight	2000	101325.9	23.01	22.78	20.76	3.40
		4000	101329.8	22.38	22.16	20.43	6.82
		6000	101344.2	22.09	21.86	20.40	10.74
	Curved	2000	101328.6	24.66	24.38	21.09	3.44
		4000	101333.0	23.32	23.04	20.60	7.03
		6000	101334.5	22.40	22.12	20.36	9.48
Tipe 2	Straight	2000	101325.4	23.47	23.16	20.97	3.58
		4000	101328.5	22.65	22.33	20.51	7.66
		6000	101330.0	22.17	21.85	20.45	9.89
	Curved	2000	101324.8	24.70	24.42	20.84	3.16
		4000	101327.1	23.30	23.03	20.52	6.32
		6000	101323.3	22.67	22.40	20.43	10.35
Tipe 3	Straight	2000	101324.6	24.53	24.20	20.96	3.12
		4000	101323.8	23.64	23.31	20.53	6.20
		6000	101322.0	23.16	22.83	20.45	9.28
	Curved	2000	101324.5	25.38	25.01	20.89	3.42
		4000	101323.2	23.94	23.59	20.46	7.20
		6000	101307.6	23.69	23.34	20.50	10.98

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa temperatur heatsink paling rendah adalah heatsink tipe 1 yang menggunakan fan "Straight" dengan kecepatan putaran sebesar 6000 Rpm menghasilkan temperatur base sebesar 22,09 °C dan temperatur tip sebesar 21,84 °C. Heatsink tipe 2 menghasilkan temperature base dan tip paling rendah sebesar 22,14 °C dan 21,85 °C dengan menggunakan fan "Straight" dan jumlah putaran 6000 Rpm. Sedangkan heatsink tipe 3 menghasilkan temperature base dan tip paling rendah sebesar 23,16 °C dan 23,83 °C dengan menggunakan fan "Straight" dan jumlah putaran 6000 Rpm.



Gambar 7. Grafik Temperature Pada Bagian Base Dan Tip Heatsink



Gambar 8. Grafik Pressure, Velocity Dan Fluid Temperature Pada Heatsink Dengan Fan "Straight" Dan "Curved"

Pada hasil pengukuran heatsink tipe 1 dengan fan "Straight" 6000 Rpm memiliki nilai pressure tertinggi sebesar 101344,2 Pa, menunjukkan bahwa heatsink ini mampu menciptakan tekanan udara yang tinggi di sekitarnya. Hal ini mengindikasikan bahwa heatsink tipe 1 dengan fan "Straight" 6000 Rpm memiliki kinerja

pendinginan yang baik, karena tekanan udara yang tinggi dapat membantu menghilangkan panas secara efisien.

Selanjutnya, Heatsink tipe 1 dengan fan "Curved" 2000 rpm menghasilkan suhu fluida tertinggi sebesar 21,09 °C. Sedangkan, heatsink tipe 1 dengan fan "Curved" 6000 rpm mampu menghasilkan suhu fluida terendah sebesar 20,36 °C. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan fan dengan kecepatan tinggi pada heatsink tipe 1 mampu menurunkan suhu fluida yang melewati sistem.

Selain itu, pengukuran juga dilakukan terhadap kecepatan aliran udara, yang dinyatakan dalam velocity. Heatsink tipe 3 dengan fan "Curved" 6000 rpm menunjukkan nilai velocity tertinggi sebesar 10,98 m/s yang mengindikasikan bahwa heatsink ini mampu menciptakan aliran udara dengan kecepatan tinggi di sekitarnya, sehingga dapat membantu dalam proses pendinginan.

Perhitungan Nusselt Number

Bilangan nusselt merupakan bilangan rasio perpindahan panas konvektif dan perindahan panas konduktif. Sebelum menentukan bilangan nusselt, dilakukan perhitungan terlebih dahulu mengenai kalor yang dibuang oleh fin supaya koefisien konveksi yang selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai dari nusselt number bias diketahui. Untuk menghitung hal tersebut bisa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{fin} = -k A_c \frac{dT}{dx} \Big|_{x=0} = \sqrt{hpk_f A_c (T_b - T_{\infty})}$$

dimana p adalah keliling, Ac adalah luas cross-sectional dari fin, Kf adalah nilai konduktivitas fluida, dan x adalah jarak base ke ujung fin. Nilai konduktivitas fluida didapatkan dengan menghitung menggunakan metode interpolasi berdasarkan tabel properties udara pada kondisi satu atmosfer.

Property Values of Dry Air at One Atm. Pressure

Temperature t °C	Density kg/m ³	Coefficient of Viscosity μ × 10 ⁶ Ns/m ²	Kinematic Viscosity ν × 10 ⁶ m ² /s	Thermal Diffusivity α × 10 ⁶ m ² /s	Prandtl Number Pr	Specific Heat c J/kgK	Thermal Conductivity k W/mK
-50	1.584	14.61	9.23	12.644	0.728	1013	0.02035
-40	1.515	15.20	10.04	13.778	0.728	1013	0.02117
-30	1.453	15.69	10.80	14.917	0.723	1013	0.02198
-20	1.395	16.18	11.61	16.194	0.716	1009	0.02279
-10	1.342	16.67	12.43	17.444	0.712	1009	0.02361
0	1.293	17.16	13.28	18.806	0.707	1005	0.02442
10	1.247	17.65	14.16	20.006	0.705	1005	0.02512
20	1.205	18.14	15.06	21.417	0.703	1005	0.02593
30	1.165	18.63	16.00	22.861	0.701	1005	0.02675
40	1.128	19.12	16.96	24.306	0.699	1005	0.02756
50	1.093	19.61	17.95	25.722	0.698	1005	0.02826
60	1.060	20.10	18.97	27.194	0.696	1005	0.02896
70	1.029	20.59	20.02	28.556	0.694	1009	0.03047
80	1.000	21.08	21.09	30.194	0.692	1009	0.03074
90	0.972	21.48	22.10	31.889	0.690	1009	0.03128
100	0.946	21.87	23.13	33.639	0.688	1009	0.03210
120	0.898	22.85	25.45	36.833	0.686	1009	0.03338
140	0.854	23.73	27.80	40.333	0.684	1013	0.03489
160	0.815	24.52	30.09	43.894	0.682	1017	0.03640
180	0.779	25.30	32.49	47.500	0.681	1022	0.03780
200	0.746	25.99	34.85	51.361	0.680	1026	0.03931
250	0.674	27.36	40.61	58.500	0.677	1038	0.04268
300	0.615	29.71	48.20	71.556	0.674	1047	0.04605

Gambar 9. Nilai Properties Udara Pada Tekanan Satu Atmosfer

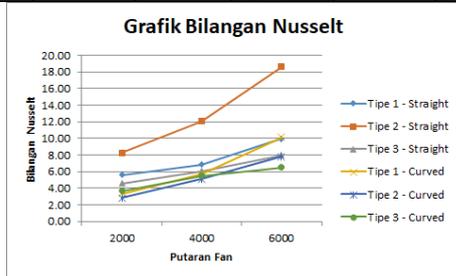
Setelah nilai koefisien konveksi ditemukan, selanjutnya adalah menghitung bilangan nusselt dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Nu = \frac{h L}{K_f}$$

dimana h merupakan koefisien konveksi, L adalah panjang aliran pada plat, dan Kf adalah konduktivitas fluida.

Tabel 3. Nilai Parameter Perhitungan Nusselt Number

Type Heatsink	Jenis Fan	RPM	h (w/m ² c)	Kf (w/m ² c)	Nu
Tipe 1	Straight	2000	5.825	0.02596	5.61
		4000	7.100	0.02595	6.84
		6000	10.331	0.02595	9.95
	Curved	2000	3.428	0.02597	3.30
		4000	5.909	0.02595	5.69
		6000	10.509	0.02594	10.13
Tipe 2	Straight	2000	8.573	0.02597	8.25
		4000	12.476	0.02595	12.02
		6000	19.314	0.02595	18.61
	Curved	2000	2.934	0.02596	2.83
		4000	5.263	0.02595	5.07
		6000	8.107	0.02595	7.81
Tipe 3	Straight	2000	4.769	0.02597	4.59
		4000	6.288	0.02595	6.06
		6000	8.252	0.02595	7.95
	Curved	2000	3.791	0.02597	3.65
		4000	5.650	0.02595	5.44
		6000	6.715	0.02595	6.47



Gambar 10. Grafik Bilangan Nusselt

Dalam hal ini, ditemukan bahwa bilangan Nusselt terbesar terdapat pada *heatsink* tipe 2 yang menggunakan *fan* “*Straight*” dengan jumlah putaran 6000 Rpm. Nilai bilangan Nusselt tersebut adalah 18,61. Bilangan Nusselt yang tinggi menunjukkan bahwa *heatsink* tipe 2 dengan *fan* “*Straight*” 6000 Rpm mampu menghasilkan transfer panas konvektif yang efisien pada permukaannya. Ini mengindikasikan bahwa sistem ini mampu menghilangkan panas dengan baik dan efektif. Di sisi lain, bilangan Nusselt terendah terdapat pada *heatsink* tipe 2 yang menggunakan *fan* “*Curved*” dengan putaran 2000 Rpm. Nilai bilangan Nusselt tersebut adalah 2,63. Bilangan Nusselt yang rendah menunjukkan bahwa *heatsink* tipe 2 dengan *fan* “*Curved*” 2000 Rpm memiliki transfer panas konvektif yang kurang efisien pada permukaannya. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa sistem ini mungkin memiliki kinerja pendinginan yang kurang optimal.

Jumlah Kalor Yang Dibuang

Pada penelitian ini, perhitungan kalor yang dibuang menggunakan rumus perpindahan panas konduksi dan konveksi karena pada kondisi ini panas berpindah dari termoelektrik melalui *heatsink*.

A. Konduksi

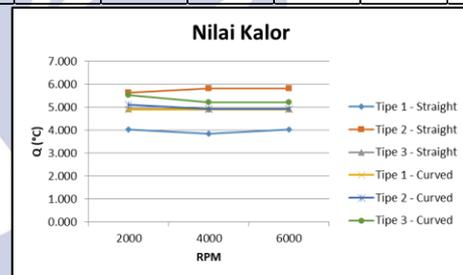
Pada perpindahan panas konduksi, untuk sirip yang cukup panjang dengan penampang seragam ($A_c = \text{konstan}$) maka suhu pada ujung sirip akan mendekati suhu lingkungan. Laju transfer panas

yang stabil dari seluruh sirip dapat ditentukan dari hukum Fourier tentang konduksi panas yakni

$$Q_{fin} = -kA_c \frac{dT}{dx}$$

Tabel 4. Hasil Perhitungan Perpindahan Panas Konduksi

Type Heatsink	Jenis Fan	RPM	k (w/m ² c)	A (m ²)	ΔT/dx (c/m)	Q (watt)	
Tipe 1	Straight	2000	170	0.00257	-9.20	4.026	
		4000			-8.80	3.851	
		6000			-9.20	4.026	
	Curved	2000			-11.20	4.902	
		4000			-11.20	4.902	
		6000			-11.20	4.902	
Tipe 2	Straight	2000		0.00268	-12.40	5.641	
		4000			-12.80	5.823	
		6000			-12.80	5.823	
	Curved	2000			-11.20	5.095	
		4000			-10.80	4.914	
		6000			-10.80	4.914	
Tipe 3	Straight	2000			0.00219	-13.20	4.916
		4000				-13.20	4.916
		6000				-13.20	4.916
	Curved	2000				-14.80	5.512
		4000				-14.00	5.214
		6000				-14.00	5.214



Gambar 11. Grafik Nilai Perpindahan Panas Konduksi

Secara umum, besaran putaran *fan* tidak memiliki pengaruh signifikan pada transfer panas. Namun, *heatsink* tipe 2 dengan *fan* “*straight*” mampu menghasilkan transfer panas paling besar pada setiap variasi putaran *fan*. Di sisi lain, *heatsink* tipe 1 dengan *fan* “*straight*” menghasilkan nilai transfer panas konduksi yang paling rendah, bahkan pada setiap variasi putarannya.

B. Konveksi

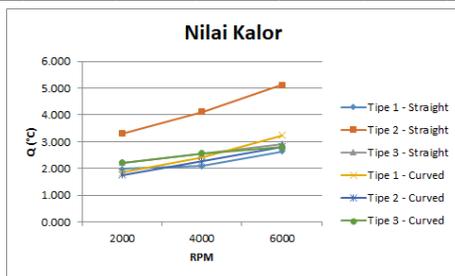
Pada perpindahan panas konveksi, persamaan yang digunakan adalah

$$q = hA(T_b - T_\infty)$$

dimana h merupakan koefisien perpindahan kalor konveksi, A adalah luas permukaan total *heatsink*. Hasil perhitungan kalor yang dibuang dapat dilihat pada tabel ini.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Kalor Yang Dibuang

Type Heatsink	Jenis Fan	RPM	h (w/m ² °c)	A (m ²)	$T_b - T_{\infty}$ (c)	Q (Watt)
Tipe 1	"Straight"	2000	5,825	0,151	2,250	1,979
		4000	7,100		1,950	2,091
		6000	10,331		1,690	2,637
	"Curved"	2000	3,428		3,570	1,848
		4000	5,909		2,720	2,427
		6000	10,509		2,040	3,237
Tipe 2	"Straight"	2000	8,573	0,154	2,500	3,308
		4000	12,476		2,140	4,120
		6000	19,314		1,720	5,127
	"Curved"	2000	2,934		3,860	1,748
		4000	5,263		2,780	2,258
		6000	8,107		2,240	2,803
Tipe 3	"Straight"	2000	4,769	0,130	3,570	2,213
		4000	6,288		3,110	2,542
		6000	8,252		2,715	2,913
	"Curved"	2000	3,791		4,490	2,212
		4000	5,650		3,480	2,556
		6000	6,715		3,192	2,786



Gambar 12. Grafik Nilai Perpindahan Panas Konveksi

Berdasarkan data tersebut, terlihat bahwa *heatsink* tipe 2 dengan *fan* "Straight" dan putaran 6000 Rpm merupakan *heatsink* yang mampu membuang jumlah kalor terbesar. Nilai jumlah kalor yang dibuang oleh *heatsink* ini adalah sebesar 5,127 Watt. Angka ini menunjukkan bahwa *heatsink* tipe 2 dengan *fan* "Straight" 6000 Rpm memiliki kemampuan yang baik dalam menghilangkan panas dari sistem. Semakin tinggi jumlah kalor yang dibuang, semakin efektif sistem pendinginan dalam mengatasi panas yang dihasilkan oleh komponen elektronik. Di sisi lain, *heatsink* tipe 2 dengan *fan* "Curved" dan putaran 2000 Rpm merupakan *heatsink* yang membuang jumlah kalor paling sedikit. Jumlah kalor yang dibuang oleh *heatsink* ini adalah sebesar 1,748 Watt. Nilai ini menunjukkan bahwa *heatsink* tipe 2 dengan *fan* "Curved" 2000 Rpm memiliki kinerja pendinginan yang lebih rendah dalam menghilangkan panas dari sistem. Hal ini bisa disebabkan oleh rendahnya kecepatan udara yang dihasilkan oleh *fan* atau kurang efisien dalam transfer panas dari *heatsink* ke udara sekitar.

Dengan demikian, perbandingan jumlah kalor yang dibuang oleh *heatsink* tipe 2 dengan *fan* "Straight" 6000 Rpm dan *fan* "Curved" 2000 Rpm menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam efisiensi pendinginan. *Heatsink* tipe 2 dengan *fan* "Straight" 6000 Rpm mampu

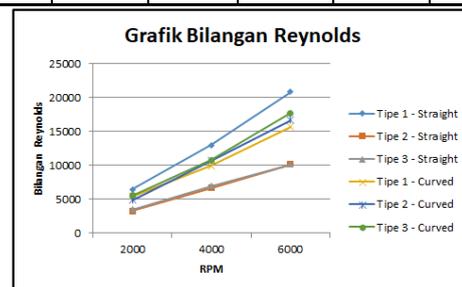
membuang jumlah kalor yang lebih besar, sedangkan *heatsink* tipe 2 dengan *fan* "Curved" 2000 Rpm membuang jumlah kalor yang lebih sedikit. *Heatsink* tipe 2 dengan *fan* "Straight" 6000 Rpm bisa menjadi pilihan yang lebih optimal untuk mengatasi panas yang dihasilkan oleh komponen elektronik, sedangkan *heatsink* tipe 2 dengan *fan* "Curved" 2000 Rpm mungkin lebih cocok untuk aplikasi yang membutuhkan pendinginan yang lebih ringan.

Karakteristik Aliran

Karakteristik aliran fluida adalah gambaran spesifik mengenai aliran yang dicirikan oleh parameter yang berkaitan dengan fluida. Reynolds adalah parameter penting dalam mekanika fluida yang menggambarkan aliran fluida, di mana bilangan yang lebih rendah menunjukkan aliran laminar sedangkan bilangan yang lebih tinggi menunjukkan aliran turbulen. Bilangan reynolds, perlu dihitung menggunakan rumus $Re = \frac{U_{\infty} x}{\nu}$, dimana U_{∞} adalah aliran bebas, x adalah jarak aliran yang pada penelitian ini bernilai sebesar 25 mm, dan ν adalah viskositas kinematis fluida. Nilai viskositas dinamis bisa diketahui menggunakan metode interpolasi berdasarkan gambar 4.4.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Bilangan Reynolds

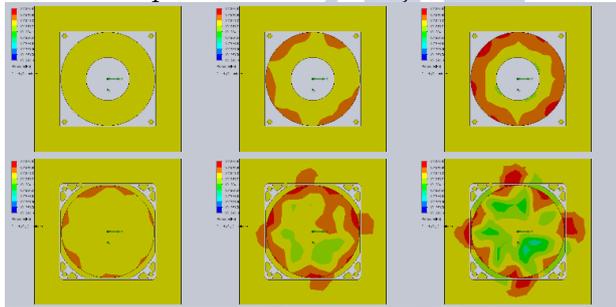
Type Heatsink	Jenis Fan	RPM	U	ν	Re
Tipe 1	Straight	2000	3.89	15.131	6428
		4000	7.86	15.100	13016
		6000	12.58	15.098	20836
	Curved	2000	3.30	15.162	5446
		4000	6.02	15.116	9958
		6000	9.48	15.094	15706
Tipe 2	Straight	2000	2.00	15.151	3292
		4000	4.02	15.108	6659
		6000	6.12	15.102	10131
	Curved	2000	2.94	15.139	4859
		4000	6.48	15.109	10719
		6000	10.07	15.100	16674
Tipe 3	Straight	2000	2.09	15.150	3441
		4000	4.19	15.110	6934
		6000	6.11	15.102	10106
	Curved	2000	3.36	15.144	5541
		4000	6.50	15.103	10763
		6000	10.71	15.107	17729



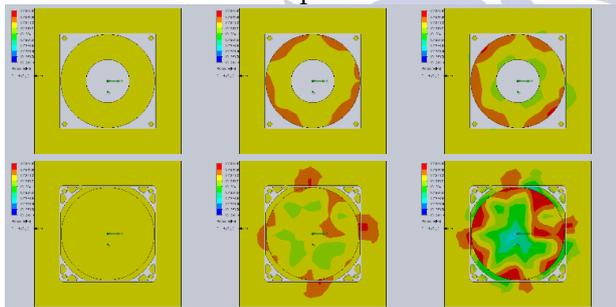
Gambar 13. Grafik perbandingan bilangan reynold dengan RPM

Dalam hal ini, terlihat bahwa bilangan Reynolds terbesar adalah 20836 pada *heatsink* tipe 1 yang menggunakan *fan* "Straight" dengan 6000 RPM. Nilai bilangan Reynolds yang tinggi menunjukkan bahwa aliran udara di sekitar *heatsink* ini berada dalam kondisi turbulen, di mana gaya inersia dominan dibandingkan dengan gaya viskositas. Di sisi lain, bilangan Reynolds terendah adalah 3292 pada *heatsink* tipe 2 yang menggunakan *fan* "Straight" dengan 2000 RPM. Nilai bilangan Reynolds yang rendah menunjukkan bahwa aliran udara di sekitar *heatsink* berada dalam kondisi laminar, di mana karakteristik seperti ini umumnya tidak memiliki efek pendinginan yang signifikan karena pergerakan fluida cenderung lebih teratur dan memiliki pertukaran panas yang lebih rendah.

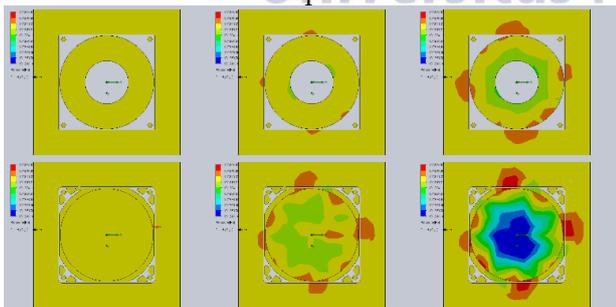
Selain bilangan Reynolds, pembahasan juga mencakup beberapa parameter lain yang mempengaruhi karakteristik aliran fluida, seperti tekanan, temperatur fluida, dan laju aliran.



Gambar 14. Karakteristik *Pressure* Pada *Heatsink* Tipe 1



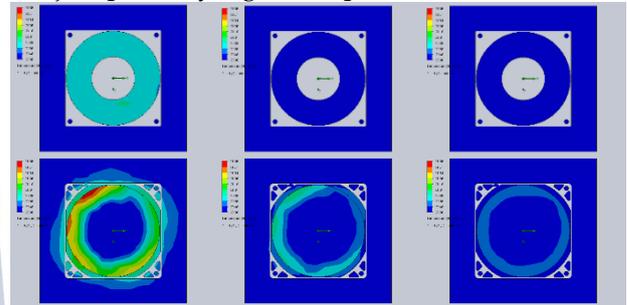
Gambar 15. Karakteristik *Pressure* Pada *Heatsink* Tipe 2



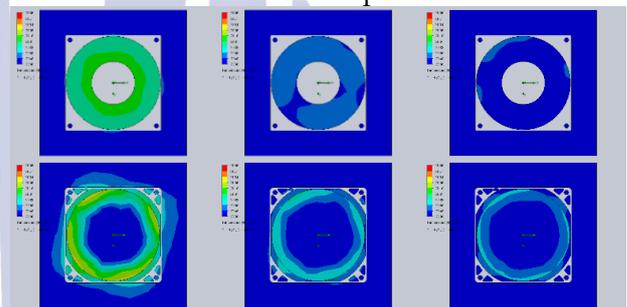
Gambar 16. Karakteristik *Pressure* Pada *Heatsink* Tipe 3

Putaran *fan* memainkan peran penting dalam menghasilkan nilai *pressure* pada *heatsink*. Putaran

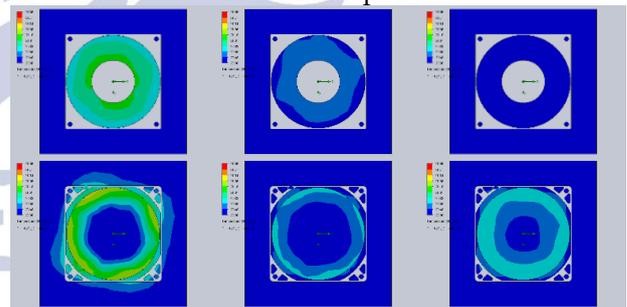
fan yang tinggi dapat meningkatkan tekanan udara yang dihasilkan, sementara putaran *fan* yang rendah mungkin menghasilkan tekanan yang lebih rendah. Informasi ini berguna dalam pemilihan jenis *heatsink* dan *fan* yang sesuai dengan kebutuhan sistem pendinginan. Sebagai contoh, jika sistem membutuhkan tekanan udara yang tinggi, maka *heatsink* tipe 1 dengan *fan* "Straight" 6000 Rpm bisa menjadi pilihan yang lebih optimal.



Gambar 17. Karakteristik Temperatur Fluida Pada *Heatsink* Tipe 1



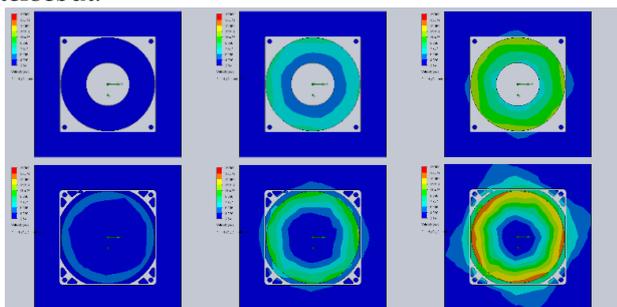
Gambar 18. Karakteristik Temperatur Fluida Pada *Heatsink* Tipe 2



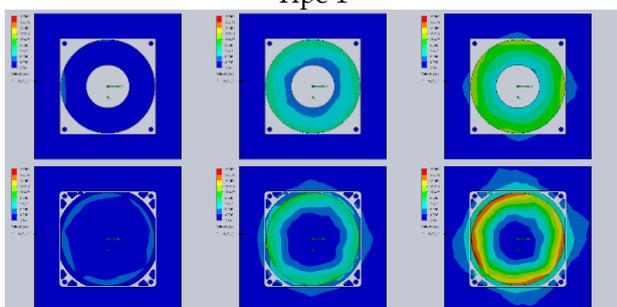
Gambar 19. Karakteristik Temperatur Fluida Pada *Heatsink* Tipe 3

Berdasarkan data temperatur fluida yang disajikan, terlihat bahwa putaran *fan* memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai temperatur. Secara umum, semakin tinggi putaran *fan*, temperatur fluida yang dihasilkan cenderung memiliki nilai dan rentang yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan udara yang dihasilkan oleh *fan* mempengaruhi kemampuan pendinginan *heatsink*. Dalam konteks ini, ditemukan bahwa *heatsink* tipe 1 dengan *fan* "Curved" dan putaran 6000 Rpm memiliki karakteristik temperatur paling rendah. Ini menunjukkan bahwa penggunaan *fan* dengan kecepatan tinggi dapat membantu dalam

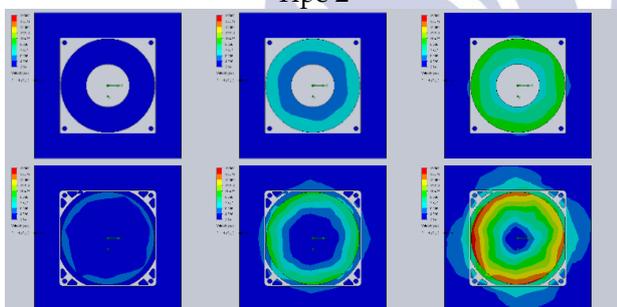
mengurangi suhu fluida yang melalui heatsink tersebut.



Gambar 20. Karakteristik Laju Aliran Pada Heatsink Tipe 1



Gambar 21. Karakteristik Laju Aliran Pada Heatsink Tipe 2



Gambar 22. Karakteristik Laju Aliran Pada Heatsink Tipe 3

Berdasarkan data disajikan, terlihat bahwa putaran *fan* memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai laju aliran yang dihasilkan. Secara umum, semakin tinggi putaran *fan*, laju aliran yang dihasilkan juga memiliki nilai dan rentang yang semakin tinggi. Menariknya, *heatsink* tipe 3 dengan *fan* "Curved" dan putaran 6000 Rpm menghasilkan rentang laju aliran yang paling besar, mulai dari kecepatan 18,55 m/s hingga 2,541 m/s. Rentang yang lebar ini menunjukkan variasi kecepatan aliran udara yang dihasilkan oleh *heatsink* tersebut. Hal ini bisa disebabkan oleh desain *fan* atau konfigurasi *heatsink* yang menyebabkan variasi dalam distribusi aliran udara.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan software Solidworks Flow Simulation, dapat diketahui bahwa *heatsink* tipe 1 dengan *fan* "Straight" 6000 Rpm memiliki

kinerja yang baik dalam hal *pressure*, sedangkan *heatsink* tipe 3 dengan *fan* "Curved" 6000 rpm memiliki kinerja yang baik dalam hal *velocity*. Selain itu, kecepatan *fan* juga mempengaruhi suhu fluida, dimana *fan* dengan kecepatan tinggi mampu menurunkan suhu fluida.

Heatsink tipe 2 dengan *fan* "Straight" yang berputar pada 6000 Rpm memiliki nilai bilangan Nusselt tertinggi, yaitu 18,61 dan juga mampu membuang jumlah kalor terbesar yaitu sebesar 5,127 Watt. Hal ini menunjukkan kemampuan yang baik dalam menghilangkan panas dari sistem yang dipengaruhi oleh tingginya bilangan nusselt. Tingginya bilangan nusselt membuat koefisien perpindahan panas konveksi yang dihasilkan juga tinggi, sehingga dapat mempengaruhi jumlah kalor yang dibuang.

Bilangan Reynolds mempengaruhi karakteristik aliran fluida pada *heatsink*. Bilangan Reynolds yang tinggi menunjukkan adanya aliran turbulen yang dapat menghasilkan efek pendinginan yang lebih baik. Sebaliknya, bilangan Reynolds yang rendah menunjukkan adanya aliran laminar yang umumnya tidak memiliki efek pendinginan yang signifikan. Selain itu, putaran *fan* memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai *pressure*, temperatur, dan laju aliran yang dihasilkan. Putaran *fan* yang tinggi cenderung menghasilkan tekanan, suhu, dan laju aliran yang lebih rendah, yang berkontribusi pada pendinginan yang lebih efektif. Oleh karena itu, pemilihan jenis *heatsink* dan *fan* yang sesuai dengan kebutuhan sistem sangat penting untuk mencapai kinerja pendinginan yang optimal.

Saran

Berdasarkan dari hasil perhitungan ini, maka peneliti dapat memberikan saran yaitu melakukan penelitian eksperimental untuk memverifikasi hasil simulasi dan mengamati perbedaan suhu fluida yang dihasilkan oleh *fan* dengan kecepatan tinggi dan rendah. Selain itu, juga perlu melakukan penelitian lebih lanjut mengenai *heatsink* tipe 2 tentang pengaruh bilangan nusselt dan jumlah kalor yang dibuang. Selain itu juga mempertimbangkan variabel lain seperti desain *heatsink*, kondisi lingkungan sekitar, material *heatsink*, beban termoelektrik, dan karakteristik aliran udara yang dihasilkan oleh *fan*.

DAFTAR PUSTAKA

- Almatsier, S. (2016). Prinsip Ilmu Gizi. Gramedia Pustaka Utama.
- Altaf, K., Tariq, A., Ahmad, S. W., Hussain, G., Ratlamwala, T. A. H., & Ali, H. M. (2022). Thermal And Hydraulic Analysis Of Slotted Plate Fins Heat Sinks Using Numerical And Experimental Techniques. *Case Studies in Thermal Engineering*, 35(April), 102109. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102109>
- Angraini, R., F. Sudarma, A., Yuliarty, P., & V.Enriko, F. (2020). Perancangan Heatsink Untuk Lampu Led Menggunakan Simulasi Cfd. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 10(1), 6–10. <https://doi.org/10.36040/industri.v10i1.2532>
- Anisa, R. (2012). Analisis Penggunaan Heatsink Pada Dry Box Untuk Penyimpanan Kamera Berdasarkan Kerapatan Sirip Yang Menggunakan Sistem

- Refrigerasi Termoelektrik. Politeknik Negeri Bandung.
- Ayodeji, F. A. (2020). Navier-Stokes Equation (An Overview And The Simplification). Lancaster Univeristy, July. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17406.00323>
- Baharuddin. (2005). Teori Belajar dan Pembelajaran. Ar-Ruzz Media.
- Darwin, Gani, U. A., & Taufiqurrahman, M. (2022). Analisa Coefisien Of Performance (COP) Dengan Dua Modul Termoelektrik Tipe TEC-12705 Pada Pendingin Dispenser. 3(2), 56–61.
- Depkes. (2006). Pedoman Penyelenggaraan dan Prosedur Rekam Medis Rumah Sakit di Indonesia. Depkes RI.
- Dey, A., Ahmed, Z. U., & Ramijul Alam, M. (2022). Thermal And Exergy Analysis Of Pin-Finned Heatsinks For Nanofluid Cooled High Concentrated Photovoltaic Thermal (HCPV/T) Hybrid Systems. *Energy Conversion and Management: X*, 16(September), 100324. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100324>
- Dodik, B., & Anisa, R. (2011). Kebiasaan Konsumsi Minuman dan Asupan Cairan pada Anak Usia Sekolah di Perkotaan. *Journal of Nutrition and Food*.
- Faizal, R., Sahbana, M. A., & Ismail, N. R. (2022). Analisa Variasi Heatsink Processor Terhadap Unjuk Kerja Sistem Pendingin Portable Thermoelectric. *Jurnal SIMETRIS*, 13(1), 1–13.
- Fauzi, A., Widiyanto, T. N., & Hakim, A. R. (2016). Analisis Teknis Dan Ekonomis Penggunaan Heatsink Berbahan Aluminium Dan Tembaga Pada Komponen Tec Altis-2. Seminar Nasional Tahunan XIII Hasil Penelitian Perikanan Dan Kelautan, 225–234.
- goldtjonline. (2019). Dispenser Miyako WD-389 HC (HOT & COLD). https://shopee.co.id/product/113118829/8813789569?gclid=EAIaIQobChMirPrdz5r4_AIVUIZgCh0Ak wDvEAQYBCABEGKDFPD_BwE
- Harahap, P., & Adam, M. (2021). Efisiensi Daya Listrik pada Dispenser dengan Jenis Merk yang Berbeda Menggunakan Inverter. *RESISTOR*, 4(1), 37–42.
- Hillebrandt, W., & Gupta, F. (2009). An Introduction To Turbulence. *Lecture Notes in Physics*, 756, 1–20. https://doi.org/10.1007/978-3-540-78961-1_1
- Kennedy, Anwar, K., & Anggara, M. B. (2017). Pengaruh Temperatur Fluida Pendingin Terhadap Unjuk Kerja Sistem Termoelektrik. *Jurnal Mekanikal*, 8(2), 759–767.
- Khetib, Y., Sedraoui, K., Melaibari, A. A., Alzaied, A., Alsulami, R., & Sharifpur, M. (2021). Heat transfer and pressure drop in turbulent nanofluid flow in a pin-fin heat sink: Fin and nanoparticles shape effects. *Case Studies in Thermal Engineering*, 28(May), 101378. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101378>
- Kusrini. (2020). Modul Pembelajaran SMA Fisika Kelas XI. In Direktorat Jendral PAUD, DIKDAS, dan DIKMEN.
- Mirmanto, Sutanto, R., & Putra, D. K. (2018). Unjuk Kerja Kotak Pendingin Termoelektrik dengan Variasi Laju Aliran Massa Air Pendingin. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 7(1), 44–49.
- Mursadin, A., & Subagyo, R. (2016). Perpindahan Panas I. In Universitas Lambung Mangkurat.
- Rachmada, M. S. (2012). Uji Performansi Dry Box Untuk Penyimpanan Alat Fotografi Berbasis Sistem Refrigerasi Termoelektrik. Politeknik Negeri Bandung.
- Rahmani, M. A., Fdhila, R. B., Gronqvist, A., Tysell, M., Persson, T. L., Benendo, M., & Uvgard, Z. (2014). Thermal management and design optimization of heatsink for cooling performance improvement during transient heat generation. *Energy Procedia*, 61, 1665–1668. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.187>
- Setiawan, H. (2016). Simulasi Komputasi Dinamika Fluida Untuk Fluktuasi Tekanan Pada Kondensasi Steam Pada Pipa Konsentrik Horisontal Dengan Pendinginan Searah Didalam Ruang Anulus. UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA.
- Sujiwa, A., & Nurochman, M. A. (2019). Analisa Suhu Pendinginan Termoelektrik Tipe TEC-12706 Dengan Variasi Metode Pendinginan Sisi Panas. *SinarFe7*, 2(1), 425–429.
- Teknik, J. (2017). Komponen Dispenser dan Fungsinya. <https://bengkelkelilingjogjakarta.blogspot.com/2017/05/komponen-dispenser-dan-fungsinya.html>
- Trefethen, L. N. (1996). Finite Difference And Spectral Methods for Ordinary and Partial Differential Equations. Cornell University, 299.
- Wahyudi. (2019). Pemanfaatan Air Panas Sebagai Sumber Energi Listrik Menggunakan Thermoelectric. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



Halaman Sengaja Dikosongkan

UNESA
Universitas Negeri Surabaya