

Implementasi *Thermoelectric Cooler* (TEC) pada *Cooler Pad* dengan Mikrokontroler Arduino Uno R3 sebagai Sistem Kontrol

Kattia Nanda Petma*, Rahmat Rasyid

Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163 Indonesia

Info Artikel	ABSTRAK
<p>Histori Artikel: Diajukan: Direvisi: Diterima:</p>	<p>Penelitian ini telah menghasilkan <i>cooler pad</i> dengan sistem pendingin menggunakan <i>thermoelectric cooler</i> (TEC) dan kipas angin DC yang dapat hidup secara otomatis, sehingga dapat menurunkan suhu laptop lebih cepat. Hasil yang didapat dari penelitian ini yaitu sebuah alat yang dapat mengontrol suhu laptop dengan sensitivitas sensor yaitu 10,2 mV/°C dengan rata-rata kesalahan relatif sensor LM35 sebesar 1,94%. Suhu yang terdeteksi oleh sensor LM35 ditampilkan pada LCD. Saat suhu yang terbaca antara 30°C sampai 42°C maka kipas angin DC hidup dengan kecepatan 128 rpm. Saat nilai suhu yang terdeteksi besar dari 42°C maka kipas angin DC hidup dengan kecepatan 255 rpm, dan saat suhu yang terdeteksi kecil dari 30°C maka kipas angin DC mati secara otomatis. Pengujian laptop dengan prosesor AMD Reyzen 5 3500u dan AMD A9-9425 R5 dapat disimpulkan bahwa <i>cooler pad</i> dengan TEC menghasilkan suhu laptop yang lebih rendah 6,6°C dibandingkan dengan <i>cooler pad</i> tanpa TEC.</p>
<p>Kata kunci: Arduino uno L298N Pendingin Termoelektrik Sensor LM35</p>	<p><i>This research has produced a cooler pad with a cooling system using a thermoelectric cooler (TEC) and a DC fan that can turn on automatically, so it can lower the laptop's temperature faster. The results obtained from this study are a tool that can control the temperature of a laptop with a sensor sensitivity of 10.2mV/°C with an average relative error of LM35 sensor of 1.94%. The temperature detected by the LM35 sensor is displayed on the LCD. When the reading temperature is between 30°C and 42°C, the DC fan starts at 128 rpm. When the detected temperature value is greater than 42°C, the DC fan turns on at 255 rpm, and when the detected temperature is less than 30°C, the DC fan turns off automatically. Testing laptops with AMD Reyzen 5 3500u and AMD A9-9425 R5 processors, it can be concluded that the cooler pad with TEC produces a lower laptop temperature of 6.6°C compared to the cooler pad without TEC.</i></p>
<p>Keywords: Arduino uno L298N Thermoelectric cooler LM35 sensor</p>	
<p>Penulis Korespondensi: Kattia Nanda Petma Email: kattriananda@gmail.com</p>	

Copyright © 2023 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Laptop saat ini telah menjadi alat bantu utama masyarakat, mulai dari pekerjaan ringan seperti pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel* dan *Microsoft Word* ataupun dalam pekerjaan berat seperti desain grafis, analisis, dan simulasi baik itu dalam pendidikan, pekerjaan ataupun hanya sekedar bermain *game* (Andriboko, Najoan dan Sugiarto, 2015). Laptop yang dipaksa untuk mengerjakan suatu pekerjaan yang berat dan tidak sesuai dengan spesifikasi nya dapat mengakibatkan laptop menjadi lambat. Walaupun laptop sudah memiliki sistem pendingin tersendiri, tetapi pada kenyataannya laptop dengan prosesor yang cepat panas ini tetap akan mengakibatkan *overheat*. *Overheat* pada laptop dapat dengan mudah diketahui dengan merasakan bagian bawah laptop yang terasa panas melebihi batas normal, sehingga biasanya laptop akan mati dengan sendirinya untuk melindungi *hardware* dari efek *overheat* pada laptop. Hidayat (2016) mengelompokkan suhu laptop menjadi suhu idle, suhu normal dan suhu maksimal. Suhu idle yaitu saat laptop sedang tidak bekerja dan tidak ada jendela atau program yang terbuka, suhu normal yaitu saat laptop digunakan untuk pekerjaan berat, dan suhu maksimal merupakan suhu tertinggi yang aman bagi prosesor laptop yang direkomendasikan oleh Intel atau AMD. Tan dan Demirel (2015) menyatakan bahwa *overheat* pada laptop harus dikelola untuk menghindari terjadinya *error* dan kegagalan perangkat keras yang mengakibatkan proses pengolahan data yang lambat.

Nusyura, Retnowati dan Yudaningsyih (2015) membuat perancangan pengendali suhu pada prosesor laptop yang berfokus untuk mengurangi kerja kipas internal laptop dengan sensor LM35 sebagai parameter kendali suhu pada laptop sehingga dapat mempertahankan baterai laptop lebih lama. Sumbaryadi and Gustina (2021) membuat pensaklaran otomatis *cooler pad* menggunakan sensor suhu LM35 dengan mikrokontroler Atmega8535, dimana *cooler pad* ini hidup saat suhu laptop melebihi 40°C dan mati jika suhu nya dibawah 40°C. Cara lain untuk menurunkan suhu pada laptop adalah dengan menggunakan pendingin *thermoelectric cooler* (TEC) yang umum digunakan untuk pendinginan, pemanasan dan produksi energi listrik.

TEC merupakan *solid state technology* yang menjadi alternatif teknologi pendingin menggantikan sistem *vapor compression* (Amrullah, 2021). Yudiyanto, Adiwidodo dan Takwim (2020) menggunakan TEC sebagai pendingin pada *medicine collar box* yang dapat mencapai suhu kerja -3°C sampai -4°C. Verma dkk., (2015) melakukan perancangan perangkat pendingin eksternal dengan mekanisme TEC untuk penyediaan udara dingin pada laptop. Sistem TEC memiliki kinerja pendinginan yang lebih baik dalam kondisi laptop yang dioperasikan secara terus-menerus dan dapat mempertahankan suhu rata-rata pada prosesor yaitu pada suhu 41,92°C (Tan dan Demirel, 2015).

Berdasarkan hal tersebut, penulis mengusulkan penelitian dengan judul implementasi *Thermoelectric Cooler* (TEC) pada *cooler pad* dengan sensor LM35 dan mikrokontroler arduino uno R3 sebagai sistem kontrol. TEC digunakan sebagai penyedia udara dingin yang kemudian didistribusikan oleh kipas pada *cooler pad* yang hidup secara otomatis berdasarkan suhu laptop pada saat itu. Suhu laptop yang terdeteksi oleh sensor ini ditampilkan pada LCD 16x2 secara *realtime*. Suhu laptop lebih dari 30°C sampai 42 °C, maka kipas angin DC hidup secara otomatis dengan kecepatan 128 rpm, dan jika suhu laptop melebihi 42°C kipas angin DC hidup dengan kecepatan 255 rpm. Kipas angin DC pada *cooler pad* ini mati secara otomatis jika suhu yang terdeteksi kecil dari 30°C.

II. METODE

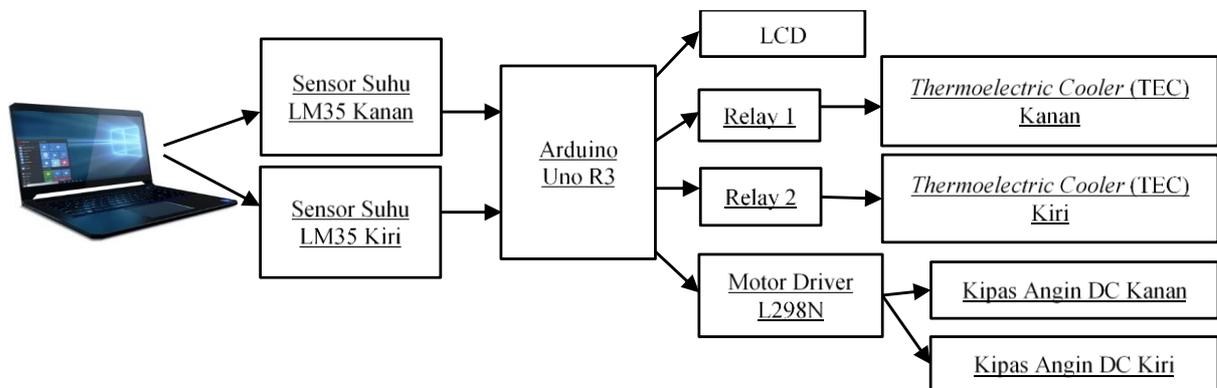
2.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan *cooler pad* dengan TEC ini meliputi papan rangkaian, solder, sensor suhu LM35, *thermoelectric cooler* (TEC 12706), kipas angin DC, *relay*, modul motor *driver* L298N, LCD 2x16, dan mikrokontroler arduino uno R3.

2.2 Perancangan Diagram Blok Sistem

Perancangan diagram blok sistem bertujuan untuk memudahkan dalam memahami hubungan antara satu komponen dengan komponen lainnya. Alat ini bekerja diawali dengan meletakkan laptop di atas alat, kemudian alat mendeteksi suhu pada laptop dengan menggunakan sensor suhu LM35 yang dikirim ke mikrokontroler arduino uno R3. Mikrokontroler arduino uno R3 akan mengolah dan menampilkan suhu yang terbaca oleh sensor pada layar LCD 2x16. *Relay 1* menghidupkan TEC kanan

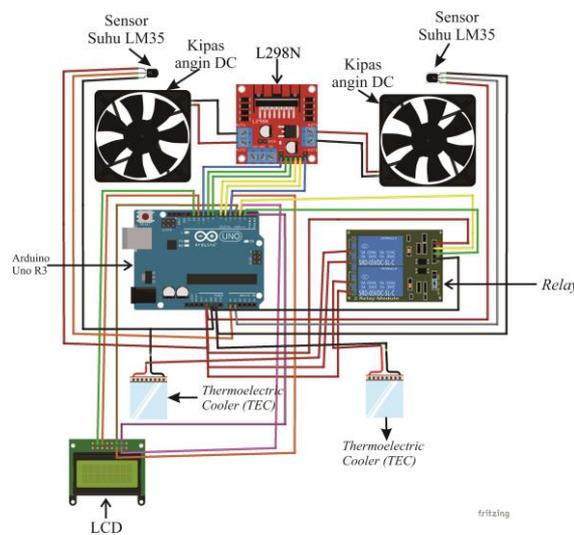
dan *relay 2* menghidupkan TEC kiri, sedangkan motor *driver* L298N mengatur kecepatan kipas angin DC kanan dan kipas angin DC kiri sesuai dengan suhu yang telah diolah oleh mikrokontroler Arduino uno. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Blok Sistem

2.3 Perancangan Sistem Perangkat Keras

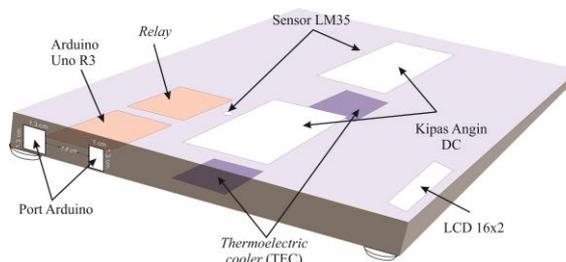
Perancangan sistem perangkat keras berfungsi untuk menguji rangkaian-rangkaian yang digunakan. Rangkaian ini terdiri dari rangkaian sensor LM35, rangkaian kipas angin motor DC, rangkaian LCD dan rangkaian *relay* disambungkan ke Arduino Uno. Piranti yang digunakan sebagai input adalah sensor suhu LM35 dan sebagai piranti output-nya adalah TEC, LCD dan kipas angin motor DC. Skema rangkaian secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Rangkaian Secara Keseluruhan

2.4 Perancangan Sistem Kontrol pada Alat

Program dirancang berdasarkan prinsip kerja dari masing-masing komponen yang digunakan yaitu *relay*, TEC, modul motor *driver* L298N, kipas angin DC dan LCD. Sistem kontrol dipasang langsung pada alat yang akan dirancang dengan ukuran 32,5 cm x 27,5 cm x 3,0 cm dan berbahan dasar akrilik. Bentuk fisik rancangan sistem kontrol ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Bentuk Fisik Cooler Pad

2.5 Pengujian Sistem dan Pengambilan Data

Pengujian sistem dilakukan dengan mendeteksi suhu laptop dengan sensor suhu LM35 yang kemudian mikrokontroler akan memproses tegangan keluaran dari sensor. TEC hidup secara otomatis dan kecepatan kipas angin DC hidup sesuai dengan suhu yang telah ditetapkan pada program. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan dua laptop yaitu ACER dengan prosesor AMD Ryzen 5 3500u dan DELL Inspiron 3180 dengan prosesor AMD A9-9425 R5 selama 6 jam.

III. HASIL DAN DISKUSI

Implementasi *thermoelectric cooler* (TEC) pada *cooler pad* laptop dengan melakukan berbagai tahapan yang disertai dengan pengujian setiap bagian alat. Pengujian ini dilakukan pada setiap perangkat keras maupun perangkat lunak dengan bertujuan untuk mengetahui apakah implementasi TEC pada *cooler pad* laptop yang dirancang dapat bekerja dan berfungsi dengan baik.

3.1 Hasil Pengujian Relay

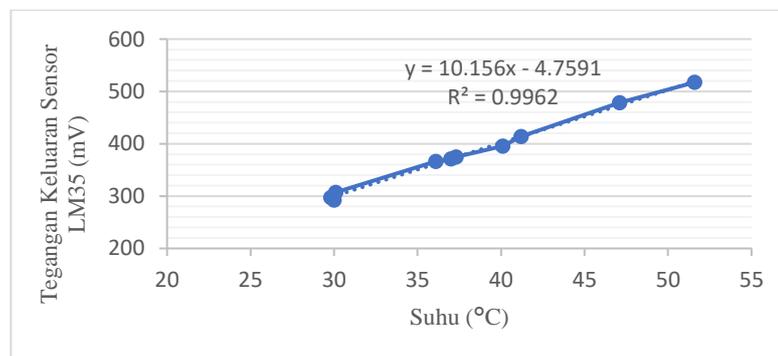
Pengujian *relay* dilakukan untuk menguji apakah *relay* dapat bekerja dengan baik dalam menghidupkan atau mematikan TEC. Pengujian dilakukan dengan memberikan perintah *LOW* atau *HIGH* pada *relay* sehingga didapatkan data seperti pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 didapatkan bahwa pengujian *relay* telah berhasil, dimana *relay* dapat digunakan untuk menghidupkan TEC. TEC kanan dikontrol oleh *relay* 1 dan TEC kiri dikontrol oleh *relay* 2.

Tabel 1 Pengujian Relay dan TEC

Percobaan	Relay 1	Relay 2	TEC kanan	TEC kiri
1	ON	ON	ON	ON
2	ON	OFF	ON	OFF
3	OFF	OFF	OFF	OFF
4	OFF	ON	OFF	ON

3.2 Hasil Karakterisasi Sensor LM35

Pengujian sensor LM35 sebagai pendeteksi suhu laptop dilakukan dengan membandingkan tegangan keluaran sensor suhu LM35 dengan suhu pada alat pembanding Lutron MCH-383SD. Hasil karakterisasi sensor LM35 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Hubungan Tegangan Keluaran Sensor LM35 dan Suhu Lutron MCH-383SD

Nilai koefisien korelasi yang didapatkan berdasarkan Gambar 4 adalah korelasi positif, dimana semakin besar suhu yang terbaca oleh alat pembanding Lutron MCH-383SD maka tegangan keluaran yang dihasilkan sensor LM35 juga semakin besar, hasil ini sesuai dengan Sankar dkk., (2019) yang menyatakan bahwa tegangan keluaran dari sensor LM35 sebanding dengan suhu dalam °C. Nilai koefisien korelasi mendekati 1 yaitu sebesar 0,9962 menunjukkan hubungan suhu yang terbaca oleh Lutron MCH-383SD dan tegangan keluaran sensor LM35 sangat kuat, sehingga sensor suhu LM35 dapat digunakan sebagai alat ukur suhu. Fungsi transfer yang didapatkan menunjukkan bahwa sensitivitas sensor sebesar 10,2 mV/°C dan tegangan *offset* sebesar 4,8 mV.

3.3 Pengujian Sensor LM35 dengan Alat Pembanding

Pengujian sensor LM35 dilakukan untuk melihat keakuratan dari sensor LM35. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan nilai suhu sensor LM35 dengan alat pembanding Lutron MCH-

383SD dengan menggunakan variasi nilai suhu sehingga didapatkan hasil seperti pada Tabel 2. Pengujian ini menghasilkan 10 data variasi suhu. Suhu yang di deteksi oleh sensor LM35 memiliki hasil yang tidak berbeda jauh dengan yang dideteksi oleh Lutron MCH-383SD dengan rata-rata persen *error* sebesar 1,94%. Nilai persen *error* ini menunjukkan bahwa sensor LM35 dapat mendeteksi suhu dengan baik.

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor LM35 dengan Alat Pembanding

No	Suhu Sensor LM35 (°C)	Suhu Lutron MCH 383SD (°C)	% Error
1	28,2	28,7	1,7422
2	29,6	30	1,3333
3	31,9	32,8	2,7439
4	35,4	35,1	0,8547
5	36,1	37,6	3,9894
6	39,4	39	1,0256
7	39,8	40,1	0,7481
8	41,5	43,5	4,5977
9	43,9	44,2	0,6787
10	47,1	46,3	1,7279
Rata-rata Persen Error			1,9442

3.4 Hasil Pengujian Sistem Kipas Angin DC

Pengujian sistem kipas angin DC dilakukan untuk melihat apakah kipas angin DC bekerja sesuai dengan suhu yang dideteksi oleh sensor LM35. Kipas angin DC hidup sesuai dengan suhu yang terdeteksi oleh sensor LM35, dimana jika suhu yang terdeteksi antara suhu 30°C sampai 42°C, maka kipas angin DC bergerak dengan kecepatan 128 rpm, sedangkan jika suhu yang terdeteksi lebih besar dari 42°C maka kipas angin DC akan bergerak dengan kecepatan 255 rpm. Hasil pengujian sistem kipas angin DC ini menunjukkan bahwa kipas angin DC dapat bekerja sesuai dengan perintah yang diberikan.

3.5 Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

3.5.1 Pengujian Alat Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan dua gelas plastik yang diisi dengan air panas dan diletakkan diatas sensor LM35 pada alat. Pengujian pertama dilakukan dengan memvariasikan suhu kanan dan menjaga suhu kiri kecil dari 30°C sehingga didapatkan hasil seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Pengujian Alat Keseluruhan dengan Memvariasikan Suhu Kanan.

Percobaan	Suhu kanan (°C)	Suhu Kiri (°C)	Relay 1	Relay 2	TEC kanan	TEC Kiri	Kecepatan Kipas Kanan (rpm)	Kecepatan Kipas Kiri (rpm)
1	25,9	27,8	OFF	ON	OFF	ON	0	0
	40,5	27,9	ON	OFF	ON	OFF	128	0
	50,0	27,9	ON	OFF	ON	OFF	255	0
2	27,8	27,8	ON	ON	ON	ON	0	0
	42,5	27,8	ON	OFF	ON	OFF	255	0
	51,0	27,9	ON	OFF	ON	OFF	255	0
3	25,8	27,7	OFF	ON	OFF	ON	0	0
	40,5	27,8	ON	OFF	ON	OFF	128	0
	52,3	28,0	ON	OFF	ON	OFF	255	0

Pengujian ini telah berhasil dilakukan dengan hasil yang didapatkan sesuai dengan yang diharapkan. Saat suhu kanan yang terdeteksi lebih besar daripada suhu kiri, *relay* 1 dalam posisi ON dan TEC kanan akan hidup, begitu juga sebaliknya saat suhu kiri yang terdeteksi lebih besar daripada suhu kanan maka *relay* 2 dalam kondisi ON dan TEC kiri akan hidup. Kipas angin DC akan hidup dengan kecepatan 128 rpm saat suhu terdeteksi antara 30°C sampai 42°C dan akan hidup dengan kecepatan 255 rpm saat suhu terdeteksi di atas 42°C. Kipas angin DC akan mati saat suhu kanan terdeteksi di bawah 30°C.

Pengujian kedua dilakukan dengan memvariasikan suhu kiri dan menjaga suhu kanan kecil dari 30°C seperti pada Tabel 4. Hasil ini menunjukkan bahwa semua komponen dapat bekerja sesuai dengan perintah yang ditanamkan pada mikrokontroler arduino uno R3 dan alat dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

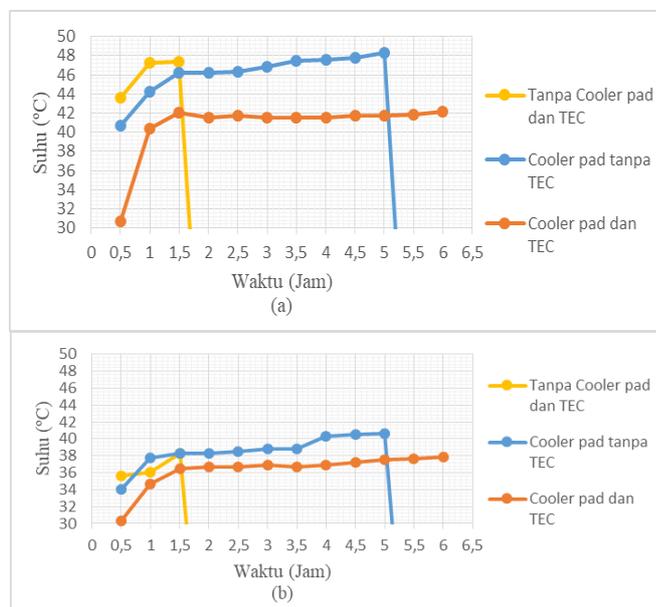
Tabel 4 Pengujian Alat Keseluruhan dengan Memvariasikan Suhu Kiri.

Percobaan	Suhu kanan (°C)	Suhu Kiri (°C)	Relay 1	Relay 2	TEC kanan	TEC Kiri	Kecepatan Kipas Kanan (rpm)	Kecepatan Kipas Kiri (rpm)
1	26,7	25,86	ON	OFF	ON	OFF	0	0
	27,8	40,5	OFF	ON	OFF	ON	0	128
	28,0	50,0	OFF	ON	OFF	ON	0	255
2	27,4	25,86	ON	OFF	ON	OFF	0	0
	27,8	40,5	OFF	ON	OFF	ON	0	128
	27,8	50,0	OFF	ON	OFF	ON	0	255
3	27,8	25,86	ON	OFF	ON	OFF	0	0
	28,1	40,5	OFF	ON	OFF	ON	0	128
	28,4	50,0	OFF	ON	OFF	ON	0	255

3.5.2 Pengujian Alat Keseluruhan dengan Membandingkan Suhu Laptop

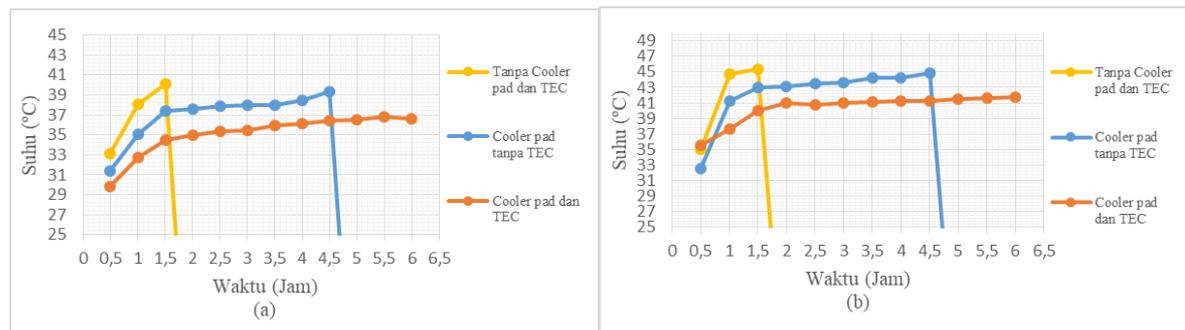
Pengujian dengan membandingkan suhu laptop ini dilakukan selama enam jam pada laptop dengan prosesor AMD Reyzen 5 3500u dan AMD A9-9425 R5. Penambahan gangguan pada laptop (seperti menjalankan aplikasi *Microsoft Word*, *CorelDraw*, dan aplikasi *game Valorant*) dilakukan selama pengujian untuk meningkatkan suhu prosesor pada laptop. Perbandingan nilai suhu laptop tanpa menggunakan *cooler pad*, laptop dengan menggunakan *cooler pad* tanpa TEC dan laptop dengan menggunakan *cooler pad* dan TEC dapat dilihat pada Gambar 5.

Pengujian selama 2 jam pada laptop tanpa *cooler pad* dan TEC mengalami *overheat*, sehingga pengujian tidak dapat dilanjutkan, pada jam yang sama laptop dengan *cooler pad* tanpa TEC menghasilkan suhu 46,2°C sedangkan dengan *cooler pad* dan TEC menghasilkan suhu yang lebih rendah yaitu 41,5°C. Laptop dengan menggunakan *cooler pad* dan TEC dapat digunakan selama 6 jam tanpa mengalami *overheat*. Penambahan TEC pada *cooler pad* dapat menurunkan suhu sebesar 6,6°C lebih rendah jika dibandingkan dengan *cooler pad* tanpa TEC.



Gambar 5 Grafik Perbandingan Suhu Laptop dengan Prosesor AMD Reyzen 5 3500u
(a) Suhu Kanan Laptop (b) Suhu Kiri Laptop

Pengujian pada laptop dengan prosesor AMD A9-9425 R5 menghasilkan grafik perbandingan seperti pada Gambar 6. Hasil pengujian didapatkan bahwa laptop menggunakan *cooler pad* dan TEC lebih baik jika dibandingkan dengan laptop yang hanya menggunakan *cooler pad*. Laptop dengan *cooler pad* tanpa TEC mengalami *overheat* lebih cepat daripada laptop dengan *cooler pad* dan TEC. Suhu laptop saat pemakaian 4,5 jam dengan menggunakan *cooler pad* dan TEC yaitu 41,7 °C, sedangkan pada laptop dengan *cooler pad* tanpa TEC memiliki suhu yang lebih tinggi yaitu mencapai 44,9 °C.



Gambar 6 Grafik Perbandingan Suhu Laptop dengan Prosesor AMD A9-9425 R5 (a)Suhu Kanan Laptop (b)Suhu Kiri Laptop

Berdasarkan hasil yang didapatkan selama pengujian alat secara keseluruhan menunjukkan bahwa laptop dengan *cooler pad* dan TEC lebih baik dibandingkan dengan *cooler pad* tanpa TEC, hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Tan dan Demirel (2015) yang menyatakan bahwa kinerja laptop yang terbaik adalah dengan menggunakan sistem TEC.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa implementasi *thermoelectric cooler* (TEC) pada *cooler pad* dengan sensor LM35 dan Mikrokontroler Arduino Uno R3 sebagai sistem kontrol telah berhasil di rancang bangun. Alat yang dibuat mampu menampilkan suhu yang terdeteksi oleh sensor suhu LM35 secara *real time* pada LCD dan mengaktifkan kipas angin DC dan TEC sesuai dengan batas suhu yang telah ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah. (2021), "Rancang Bangun Cooler Box Berbasis Termoelektrik Dengan Variasi Heatsink", *JIT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, Vol. 9 No. 1, pp. 59–64, doi: 10.32487/jtt.v9i1.989.
- Andriboko, A., Najoan, M.E.I. and Sugiarto, B.A. (2015), "Peningkatan Kinerja Komputer Dengan Kestabilan Temperatur Terkendali Berbasis Mikrokontroler", *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, Vol. 4 No. 1, pp. 55–63.
- Nusyura, F., Retnowati and Yudaningtyas, E. (2015), "Pengendalian Suhu Pada Prosesor Laptop Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega", *Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya*, pp. 1–6.
- Sankar, K.S., Rao, G.J., Ravi, B., Alekhya, B., Sampathkumar, P., Ganesh, D.K. and E, R. (2019), "Wireless Health Monitoring System using IOT", *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, No. March, pp. 268–273, doi: 10.32628/ijrsret196263.
- Sumbaryadi, A. and Gustina, D. (2021), "Pensaklaran Otomatis Cooler Pad Menggunakan Sensor Suhu LM 35 Dengan Mikrokontroler ATMEGA8535", *Jurnal Sistem Informasi*, Vol. 8 No. 2014, pp. 57–82.
- Tan, S.O. and Demirel, H. (2015), "Performance and cooling efficiency of thermoelectric modules on server central processing unit and Northbridge", *Computers and Electrical Engineering*, Elsevier Ltd, Vol. 46, pp. 46–55, doi: 10.1016/j.compeleceng.2015.07.012.
- Verma, A., Dhara, R., Verma, M. and Dhadse, K. (2015), "perangkat pendingin laptop berbasis", Vol. 1 No. 5, pp. 161–162.
- Yudiyanto, E., Adiwidodo, S. and Takwim, R.N.A. (2020), "Pemanfaatan Peltier Sebagai Sistem Pendinginan Untuk Medicine Cooler Box", *SNITT Politeknik Negeri Balikpapan*, pp. 213–218.