

## Sistem Pengaturan Pendingin Ruangan dengan Menggunakan *Thermoelectric* dan *Blower Motor Direct Current*

Zul Fakhri<sup>1</sup>, Ahmad Daelami<sup>1</sup>, Bayudin<sup>1</sup>, dan Atik Charisma<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia

[zulfakhri18@gmail.com](mailto:zulfakhri18@gmail.com), [ahmad.daelami@lecture.unjani.ac.id](mailto:ahmad.daelami@lecture.unjani.ac.id), [bayudinn@gmail.com](mailto:bayudinn@gmail.com),

[atik.charisma@lecture.unjani.ac.id](mailto:atik.charisma@lecture.unjani.ac.id)

### Abstrak

Peningkatan suhu berpengaruh terhadap kenyamanan hunian sehingga memerlukan alat bantu pengkondisian ruangan supaya suhu tetap stabil dan nyaman. Alat bantu pendingin ruangan yang umum digunakan masyarakat kini menggunakan zat kurang ramah lingkungan karena dapat merusak lapisan ozon serta mahalnya biaya operasional dan perawatan. Teknologi pendingin dan penyejuk ruangan menjadi hal yang sangat penting saat ini. Berbagai teknologi pun telah ada di pasaran untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Pada penelitian ini menguraikan tentang perancangan dan realisasi sebuah sistem pengaturan pendingin ruangan menggunakan *thermoelectric* dan *blower motor direct current*. Sistem ini terdiri dari *peltier*, sensor suhu DS18B20 dan *blower motor* DC serta mikrokontroler Arduino yang diinstalasi metode pengendalian PID (*Proportional Integral Derivative*). Hasil pengujian suhu *blower* tanpa *peltier* terukur dengan suhu rata-rata 25,65°C sedangkan dengan *peltier* 22,27°C. Hasil pengujian menunjukkan pengendali PID dengan parameter  $K_p = 20$ ,  $K_i = 2$ , dan  $K_d = 20$  dapat menjaga nilai setpoint suhu 17°C.

Kata kunci: *Peltier*, *PID*, *Blower*

### Abstract

The increase in temperature affects the comfort of the dwelling, especially the bedroom area, so it requires a room conditioning tool so that the temperature remains stable and comfortable. Air conditioning tools that are commonly used by the public are now using less environmentally friendly substances because they can damage the ozone layer and are expensive to operate and maintain. Cooling and air conditioning technology is becoming very important at this time. Various technologies are already on the market to meet people's needs. This research describes the design and realization of an air conditioning control system using a thermoelectric and direct current blower motor. This system consists of a Peltier, a DS18B20 temperature sensor and a DC blower motor using PID control. In the test the blower temperature without peltier is measured with an average temperature of 25,65°C while with peltier it is 22,27°C. The most optimal PID parameters using the trial and error method are  $K_p = 20$ ,  $K_i = 2$ , and  $K_d = 20$  with a set point of 17°C.

Keywords: Peltier, PID, Blower

### 1. Pendahuluan

Peningkatan suhu berpengaruh terhadap kenyamanan hunian sehingga alat bantu pengkondisi ruangan diperlukan untuk menjaga agar suhu berada dalam kondisi yang diinginkan. Pendingin ruangan selain kipas angin umumnya pengkondisi udara (*air conditioner*) dengan daya 800 – 900 Watt. Pendingin ruangan menjadi tidak efektif apabila suhu yang terlalu dingin dan tidak dimatikan setelah selesai menggunakan ruangan yang memiliki AC sebagai pendingin ruangan. Penelitian terdahulu tentang sistem pengontrolan suhu pada AC menggunakan mikrokontroler telah berhasil menaikkan dan menurunkan suhu pendingin ruangan secara otomatis (Bangala et al., 2018). Penelitian lainnya berupa sistem pengontrolan AC berbasis Arduino UNO, sensor *Passive Infrared Receiver (PIR)*, *Real Time Clock (RTC)* (Fetra, 2020) yang diatur ketika tidak ada orang di ruangan pada pukul 18.00 WIB maka AC otomatis akan mati. Apabila di atas jam 18.00 WIB masih terdeteksi ada orang di ruangan tersebut maka AC akan tetap menyala.

Alat bantu pendingin ruangan yang umum digunakan masyarakat kini menggunakan zat kurang ramah lingkungan karena dapat merusak lapisan ozon serta mahalnya biaya operasional dan perawatan. Dampak kerusakan lingkungan serta menekan biaya operasional dan perawatan dapat diminimalisir dengan sebuah alat pendingin baru yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis (J. Victor Tuapetel, A. Faishal Ramadhan, 2019). Pendingin ruangan dengan teknologi kompresi uap memiliki *coefficient of performance (COP)* tinggi dan harga yang lebih murah (Tangwe, SL. Simon, M. Meyer, 2017). Teknologi kompresi uap menggunakan gas pendingin tipe R134a dan R600a untuk menyerap panas dalam lemari pendingin (Gökçek M, 2017). Gas pendingin ini ternyata dapat mengurangi lapisan ozon. Oleh karena itu (Indrawan, 2019) merancang sebuah pendingin termoelektrik pada sistem lemari pendingin berbasis kontroler *Proportional Integral Derivative (PID)* dengan *steady state error* 2,86%.

#### Info Makalah:

Dikirim : 10-10-21;  
Revisi 1 : 12-13-21;  
Revisi 2 : 03-02-22;  
Revisi 3 : 03-07-22;  
Diterima : 05-11-22.

#### Penulis Korespondensi:

Telp : +62 813-2831-1218  
e-mail : [zulfakhri18@gmail.com](mailto:zulfakhri18@gmail.com)

Teknologi pendingin dan penyejuk ruangan menjadi hal yang sangat penting saat ini. Berbagai teknologi pun telah ada di pasaran untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. *Air cooler* salah satu pilihan pendingin ruangan dengan memanfaatkan teknologi termoelektrik peltier. *Air cooler* yang telah banyak beredar di pasaran juga sudah menjadi alternatif untuk pendingin ruangan dengan harga di atas 1 juta rupiah serta ukuran yang besar. *Air cooler* ini tidak hanya mendinginkan ruangan namun juga menyejukan ruangan dengan sistem yang hemat energi dan ramah lingkungan. Rancang bangun sistem penyejuk ruangan menggunakan termoelektrik *peltier* TEC 12706 (Rohito et al., 2019) menghasilkan sebuah *air cooler* mini yang efisien, ramah lingkungan serta hemat energi.

AC yang umumnya digunakan oleh masyarakat saat ini memakai Freon. Freon memiliki keunggulan berupa kondisi stabil dan titik beku yang rendah (L. Ma, L. Shang, D. Zhong, 2017) namun dapat merusak lapisan ozon (D. Ryvlin, M. Girschikofsky, D. Schollmeyer, R. Hellmann, 2018). Penelitian oleh Akbar Sujiwa dkk (Sujiwa & Nurochman, 2019) tentang penggunaan *waterblock* menyimpulkan bahwa penggunaan *waterblock* dapat menambah performansi pendingin termoelektrik. Sistem kendali otomatis dapat mempermudah dan mempercepat kegiatan manusia (Firdaus & Zulfikar, 2016). Selain itu dengan kendali otomatis dapat mengurangi *human error*. Oleh karena itu, pada penelitian ini membuat sistem pengaturan pendingin ruangan dengan menggunakan *thermoelectric* dan *blower motor direct current* dengan metode kendali PID.

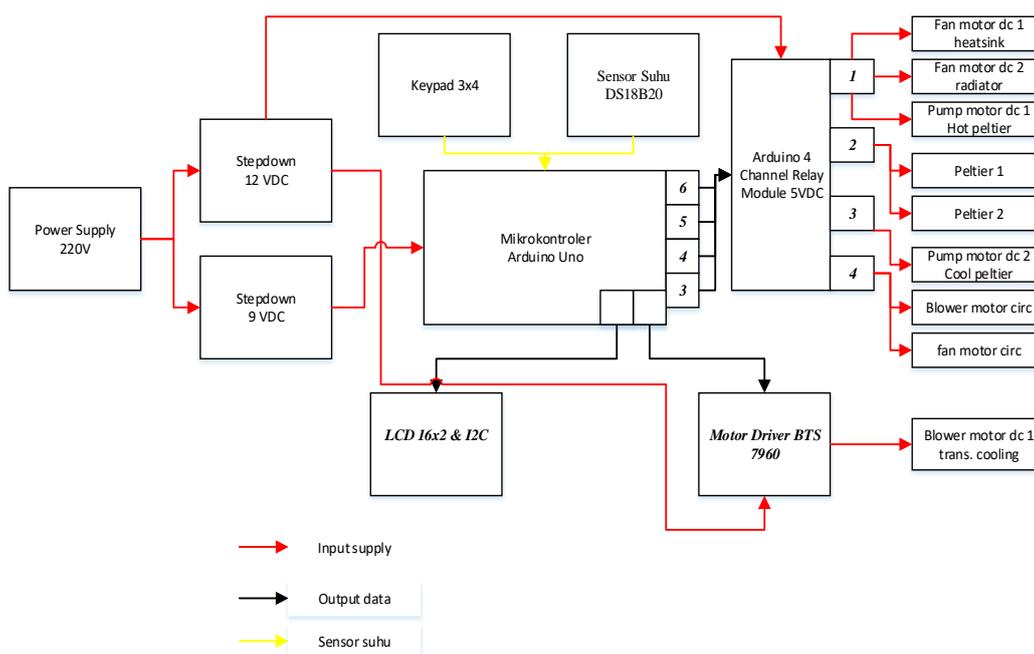
Peltier atau termoelektrik seperti di Gambar 1 dimanfaatkan secara maksimal agar mendapatkan suhu dingin dengan mendesain antara *heatsink* dan yang didinginkan *fan* untuk melepas sisi panas, serta regulator *Aluminium water block* yang disirkulasikan untuk memaksimalkan sisi dingin menuju ruangan. *Heatsink* sangat cepat menyerap panas disirkulasikan menuju regulator untuk lebih menurunkan suhu agar cairan menjadi dingin. Kunci dari sistem pendingin adalah perpindahan kalor yang ditangani dengan cepat. Peltier ditempelkan dengan menggunakan lem konduktif pada *heatsink* dan *Aluminium water block* dengan bentuk seperti Gambar. Peltier ditemukan pertama kali pada tahun 1834 oleh Jean Peltier, sehingga hasil penemuannya ini sering disebut “Pendingin Peltier” (Samsugi & Suwantoro, 2018).



Gambar 1. Peltier (Samsugi & Suwantoro, 2018)

## 2. Metode

Diagram skematik sistem yang dibangun dalam penelitian ini diberikan dalam Gambar 2.

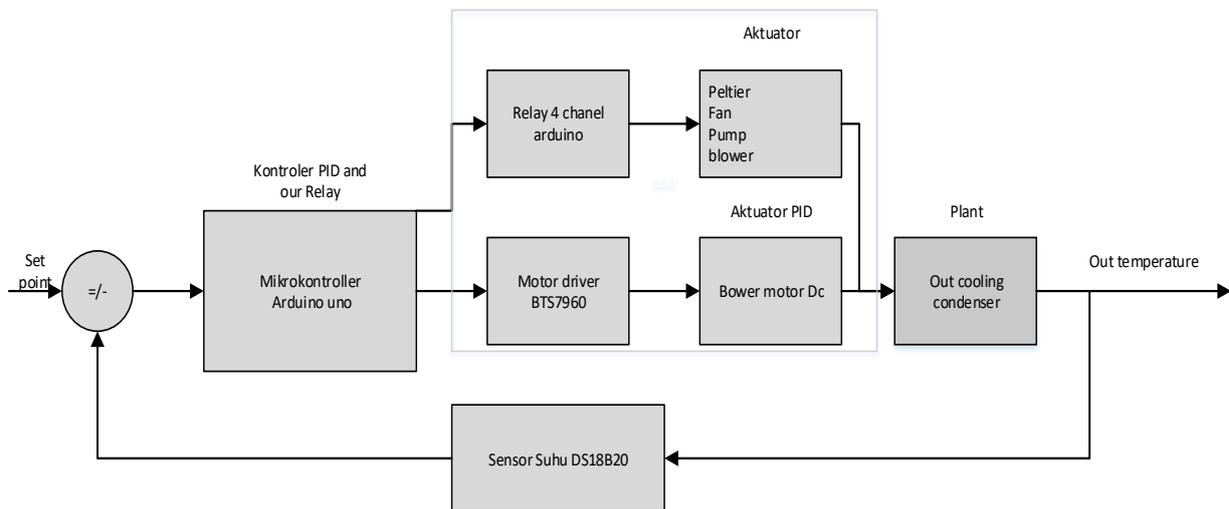


Gambar 2. Diagram Skematik Sistem

Pada Gambar 2 menggambarkan konsep dari unit perangkat keras yang digunakan pada prinsip kerja alat yang direncanakan serta spesifikasi komponen dan modul yang akan dipakai dalam membuat *prototype room control temperature*. Prinsip kerja dari *prototype* ini berdasarkan *set point* dapat menyalakan *blower motor* DC, pompa *motor* DC dan *peltier* secara otomatis menggunakan *module relay*, dilanjutkan dengan pendistribusian udara dingin melalui *blower motor* DC yang dikontrol dengan sistem PID yang bergerak dari cepat ke lambat berdasarkan suhu yang telah diinputkan dengan menekan keypad 3×4 dan juga memberikan informasi pada LCD 16×2 I2C display besaran suhu yang terdeteksi secara *realtime*.

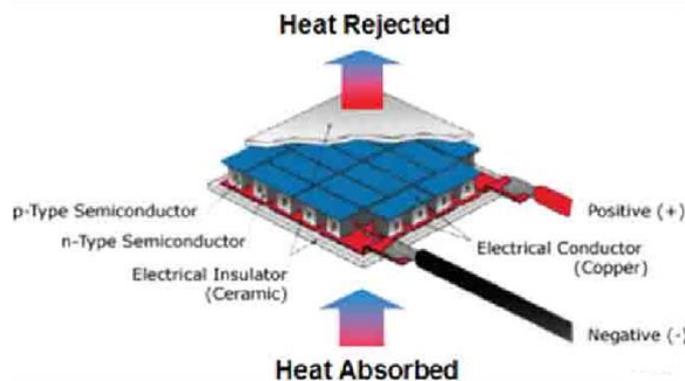
Berdasarkan Gambar 3 fungsi dari masing masing blok diagram dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Mikrokontroler Arduino Uno berfungsi sebagai pengontrol sistem dimana terdapat algoritma yang dibuat untuk mengatur *output*: nyala *relay 4 channel* dan motor *driver* untuk aktuator.
2. *Relay 4 chanel* arduino, *relay 1*: aktuator sisi panas (pompa *motor* DC, *fan motor* DC radiator, *fan motor* DC *heatsink*), *relay 2* : aktuator termoelektrik (*peltier1* dan *peltier 2*), *relay 3* aktuator sisi dingin (pompa motor DC), *relay 4*: aktuator tambahan ( *blower motor* DC dan *fan motor* DC)
3. Motor *driver* BTS7960 merupakan pengontrol *blower motor* DC memberi *speed low, medium, high* mengikuti *set point*.
4. Aktuator terdiri dari 2 buah *peltier*, 3 buah *fan*, 2 buah *pump*, dan 1 *blower motor* DC
5. *Actuator PID* berupa *blower motor* DC
6. *Plant Out cooling condenser* ialah udara dingin yang dihasilkan untuk dianalisis
7. Sensor suhu DS18B20 umpan balik yang menjadi acuan pengontrolan agar suhu keluaran stabil.



Gambar 3. Diagram Blok Kendali

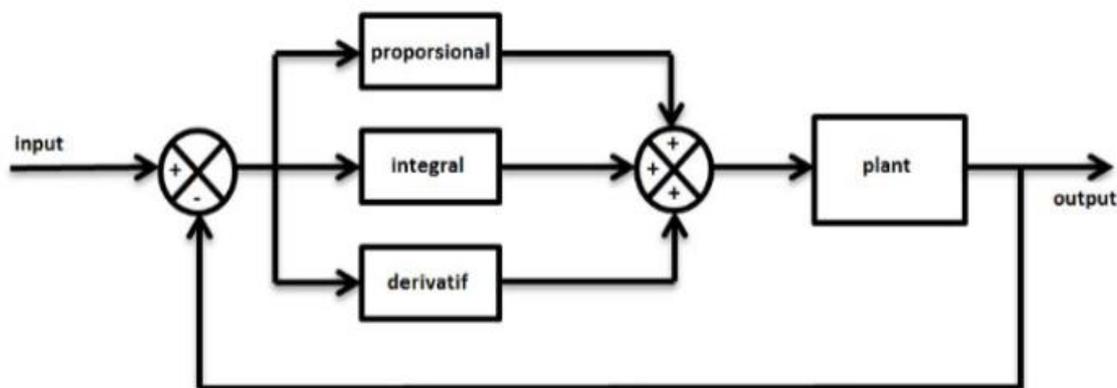
Termoelektrik yang menjadi alternatif teknologi pendingin pada dasarnya menerapkan konsep konversi energi. Termoelektrik mengkonversi energi panas menjadi listrik atau sebaliknya, bahkan bisa dari energi listrik menjadi energi dingin menggunakan bahan semikonduktor. Termoelektrik terdiri dari elemen tipe-P dan tipe-N yaitu material kekurangan elektron dan kelebihan elektron seperti tampak pada Gambar 4. Penelitian ini menggunakan kontrol *Proportional Integral Derivative (PID)* untuk mengatur kecepatan *blower motor* DC. PID suatu sistem kontroler umpan balik pada sistem instrumentasi agar memperoleh hasil yang presisi (Ilahy et al., 2021).



Gambar 4. Termoelektrik (J. Victor Tuapetel , A. Faishal Ramadhan, 2019)

Diagram blok sistem kendali dengan tipe pengendali PID diberikan dalam Gambar 5. Pengendali PID berfungsi untuk mempercepat *set point*, mempercepat respon waktu menghilangkan osilasi (Rosalina et al., 2017). Dengan menandai  $e(t)$  adalah sinyal *error* dan  $u(t)$  berupa sinyal keluaran dari pengendali, hubungan antara sinyal  $e(t)$  dan  $u(t)$  diberikan dalam persamaan (1). (Wardhana DW, Wahyudi A, 2016).

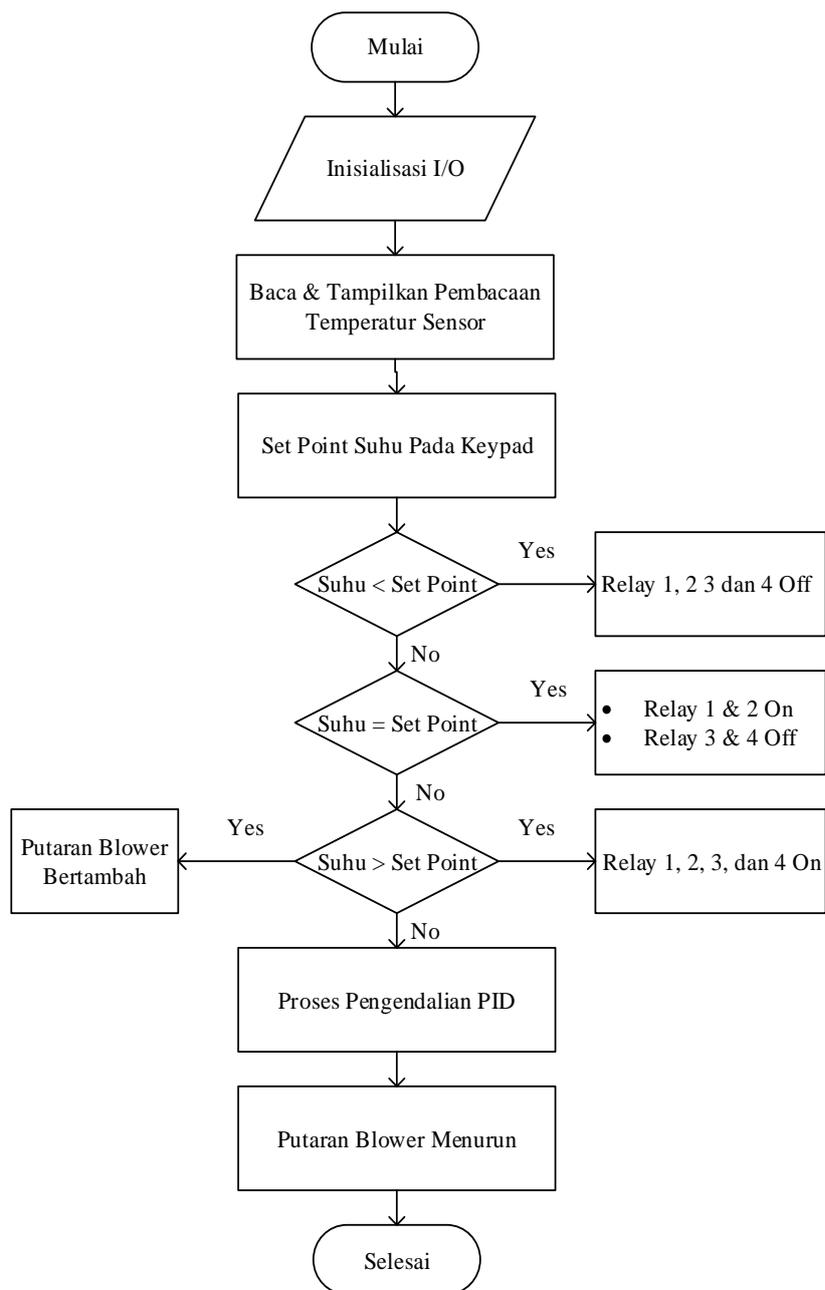
$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (1)$$



Gambar 5. Diagram Blok PID (Ogata, 1991)

Berdasarkan persamaan (1) nilai keluaran dari bobot pengontrolan  $u(t)$  tergantung pada variabel nilai penguatan kontrol *proportional* ( $K_p$ ), penguatan kontrol *integral* ( $K_i$ ), dan penguatan kontrol *derivative* ( $K_d$ ) yang masing-masing dikalikan nilai *error* ( $e$ ) yang berjalan secara terus menerus dalam jeda waktu ( $t$ ) (Wardhana DW, Wahyudi A, 2016). Bagan dengan simbol-simbol tertentu yang menggambarkan urutan proses secara mendetail dan hubungan antara suatu proses (instruksi) dengan proses lainnya dalam suatu program. *Flowchart* berisi dekripsi urutan prosedur-prosedur yang terkombinasi yang membentuk sebuah sistem. Pada *flowchart* Gambar 6 program dimulai ketika power Arduino Uno dinyalakan maka logika proses akan dimulai diawali dengan inisialisasi I/O yaitu mengakses dan memproses *input/output* yang terpasang pada sistem (*keypad*, sensor, indikator, *relay*, dan display). Pada *sketch* istilah untuk proses inisialisasi I/O terdapat pada bagian *sketch* bernama "*void setup*". Proses logika selanjutnya adalah membaca dan menampilkan hasil pembacaan sensor suhu pada LED 16×2 I2C.

Sistem yang dibuat merupakan sistem tertutup sehingga didalamnya terdapat sebuah logika "*DECISION*" yang merupakan logika pilihan berdasarkan nilai pembacaan suhu yang terdeteksi. Pada logika ini nilai pembacaan sensor suhu menjadi acuan, dimana Pada Gambar 6 dapat dijelaskan ketika *power* dihidupkan akan menyalakan adapter 5 VDC (Arduino) *power supply* 12 vdc (*actuator*). Tegangan dari Adaptor 5V akan menghidupkan Arduino Uno untuk memulai program inisialisasi I/O lalu akan mengontrol suhu yang akan ditampilkan pada LCD 16×2 I2C. Setelah inisialisasi ditampilkan, *setpoint* dimasukan sesuai yang diinginkan dengan menekan keypad 3×4 sebagai media masukan. *Relay 4 channel* yang menjadi saklar dari *actuator* akan beroperasi, sistem PID pengatur kecepatan *blower motor* DC mengikuti kondisi dari sistem *looping* yang dibuat. Jika suhu kurang dari *setpoint* yang diinputkan maka *Relay 1*, *Relay 2*, *Relay 3*, dan *Relay 4 OFF*, *blower motor* DC diatur kecepatannya dengan motor *driver* posisi *speed low*, lalu hasil pembacaan akan di tampilkan pada LCD. Jika suhu sama dengan *setpoint* yang diinputkan maka *Relay 1* dan *Relay 2 ON* sedang *Relay 3* dan *Relay 4 OFF*, *blower motor* DC diatur kecepatannya dengan motor *driver* posisi *speed medium*, lalu hasil pembacaan akan ditampilkan pada LCD. Jika suhu lebih dari *setpoint* yang diinputkan maka *Relay 1*, *Relay 2*, *Relay 3*, dan *Relay 4 ON*, *blower motor* DC diatur kecepatannya dengan motor *driver* posisi *speed high ke medium* untuk menstabilkan suhu diruangan. Selain mengontrol kondisi *actuator* termoelektrik dan *actuator* transfer PID, secara bersamaan juga menampilkan indikator dan display informasi status *Fan* dan *peltier* serta pembacaan suhu di LCD display. Sistem ini akan terus berjalan sebagai sistem *Closed Loop* hingga sistem dimatikan secara manual.



Gambar 6. FlowChart

Alat dengan ukuran panjang 40 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 20 cm dibuat dengan beberapa tahap dimulai dari pembuatan rangka utama meliputi badan alat, selanjutnya pembuatan konstruksi sistem pengatur sisi panas dan dingin peltier, lalu pemipaan, diakhiri penempatan panel untuk tempat pengontrolan.

1. Rangka Utama (badan Alat)

Bahan pembentuk alat didominasi oleh akrilik yang didesain secara *portable* agar bisa di gunakan dimana saja. Bahan pendukung berupa sterofoam, k flex dan aluminium foil untuk melapisi bagian dalam dipergunakan untuk menahan suhu dingin dalam ruangan.

2. Penempatan *peltier*

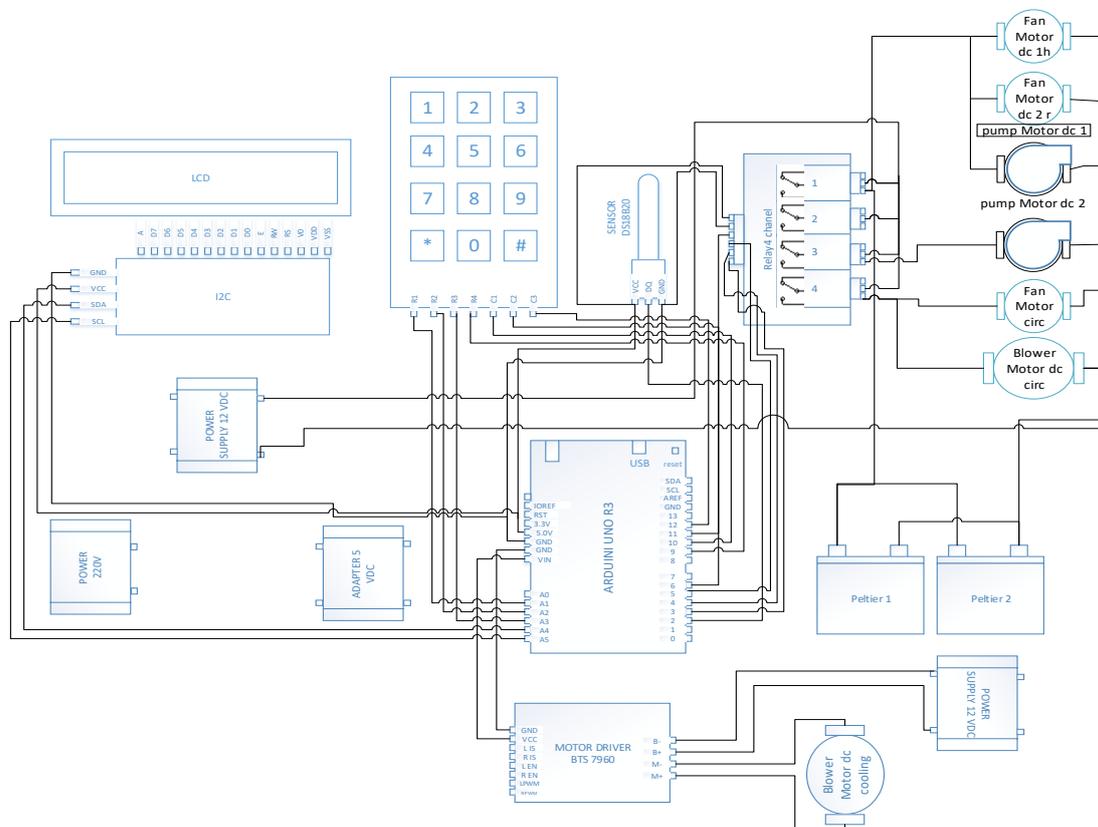
3. Pemipaan sistem dan sirkulasi

Memaksimalkan pendinginan menggunakan sistem *liquid* berupa glikol supaya pendinginan menjadi maksimal. *Liquid* ini dapat menyerap kalor dengan titik lebur:  $-12,9^{\circ}\text{C}$  dan titik didih:  $197^{\circ}\text{C}$ . Pemanfaatannya disalurkan melalui pipa plastik untuk menyerap suhu dari sisi panas dan sisi dingin *peltier*. Pipa ini menjadi alat penyalur *liquid* ini melewati bak penampungan, *pompa motor* DC, regulator, aluminium *water block*, terus bersirkulasi sampai suhu stabil.

4. Penempatan panel dan kabel

Penempatan panel untuk Arduino uno R3 dan alat elektronik kontrol lainnya ditempatkan di bagian samping Alat yang sangat aman dan mudah dari segi perbaikan menggunakan box atau panel tertutup yang aman dari cipratan air atau sisa kondensasi (embun hasil pendinginan).

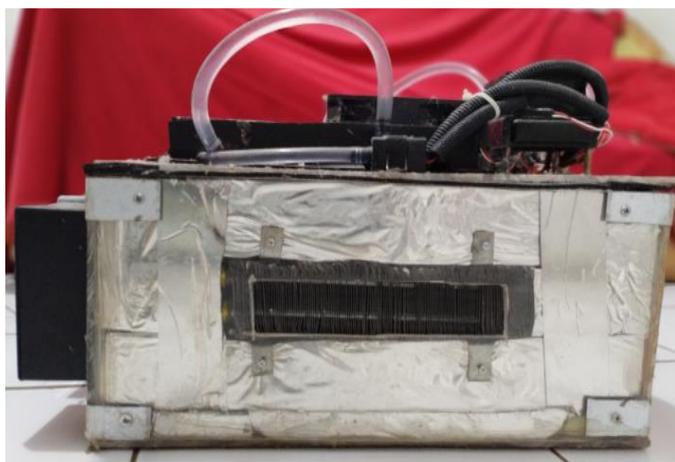
Setelah melakukan percobaan terhadap masing-masing rangkaian secara terbatas pada *breadboard* (papan uji coba rangkaian) maka dibuat rangkaian keseluruhan pada alat mini AC *portable*. Berikut Gambar 7 skematik rangkaian keseluruhan.



Gambar 7. Skematik Rangkaian Keseluruhan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan skematik pada Gambar 7, maka dibuat sebuah alat pengatur suhu menggunakan metode kendali PID.



Gambar 8. Hasil Perakitan Tampak Depan



Gambar 9. Hasil Perakitan Tampak Samping Kanan dan Kiri



Gambar 10. Hasil Perakitan Tampak Atas

Pada Gambar 8, 9, dan 10 hasil perakitan komponen-komponen yang terdiri dari *peltier*, sensor suhu DS18B20 dan *blower motor*. Langkah awal pengujian alat ini adalah menganalisis kinerja sensor suhu DS18B20 dengan membandingkan hasil pembacaan suhu terhadap thermometer digital yang telah dikalibrasi. Berikut Tabel 1 merupakan hasil pengujian sensor DS18B20 dengan selisih rata-rata sebesar 0,16°C.

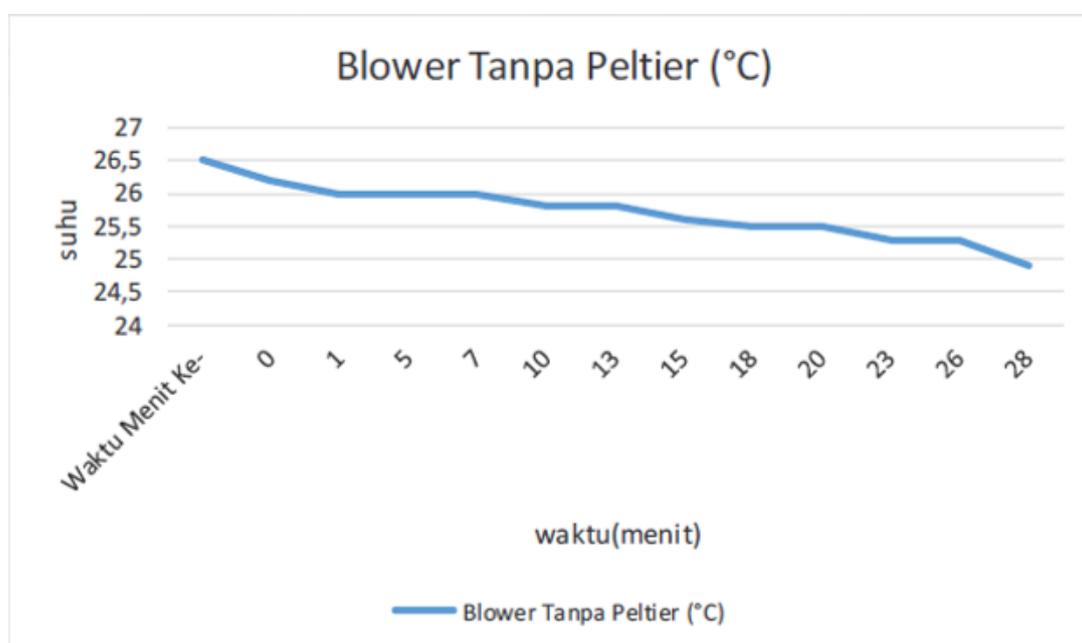
Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor DS18B20

No.	Termometer Digital (°C)	DS18B20 (°C)	Selisih
1	26,2	26	0,2
2	26,4	26,2	0,2
3	30,3	30,6	0,2
4	35,6	35,5	0,2
5	46,5	46,5	0
6	57,2	57,1	0,2
7	63,5	63,7	0,2
8	73,9	73,9	0
9	79,8	79,7	0,2
10	85,5	85,1	0,4
Rata-rata			0,16

Pengujian selanjutnya pengukuran suhu hembusan *blower* tanpa *peltier* dan dengan menggunakan *peltier* pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengukuran Suhu Hembusan Blower Tanpa *Peltier*

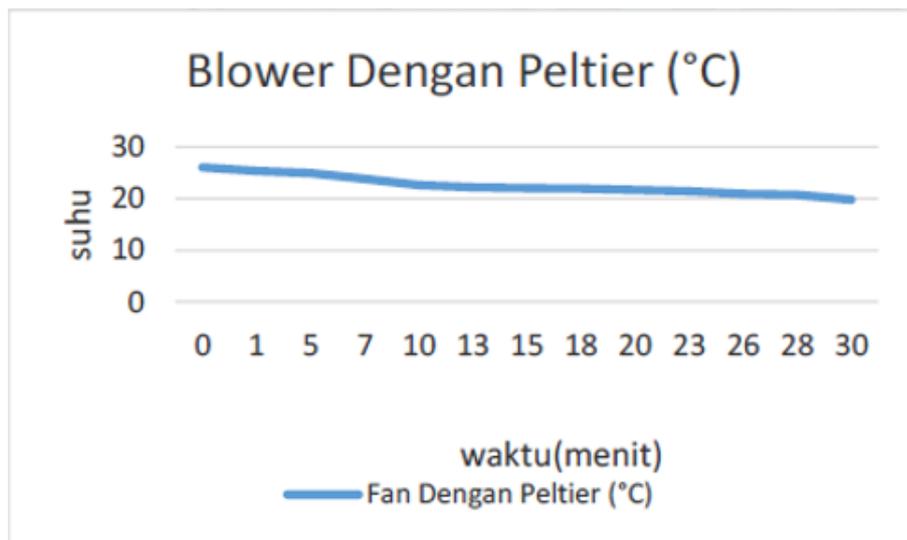
No.	Menit ke	Suhu
1	0	26,5
2	1	26,2
3	5	26
4	7	26
5	10	26
6	13	25,8
7	15	25,8
8	18	25,6
9	20	25,5
10	23	25,5
11	26	25,3
12	28	25,3
13	30	24,9



Gambar 11. Suhu Hembusan *Blower* Tanpa *Peltier*

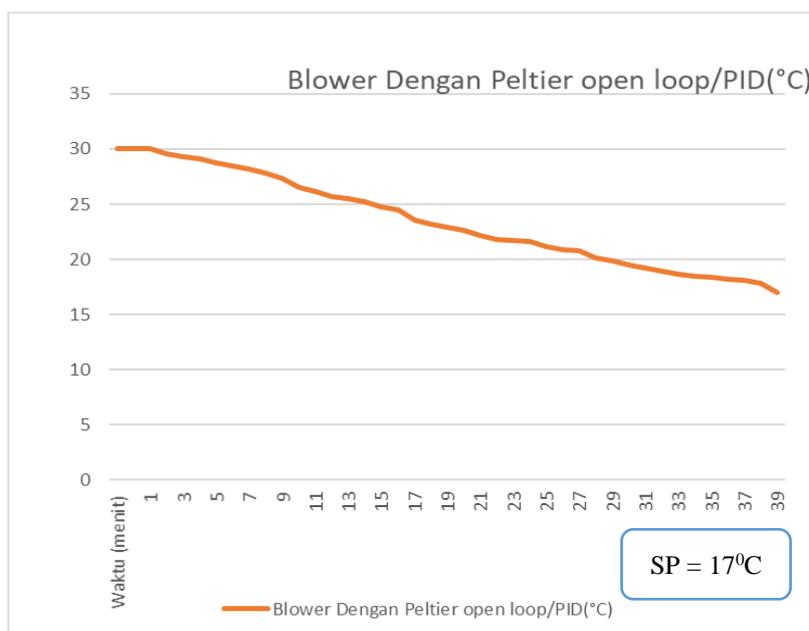
Tabel 3. Pengukuran Suhu Hembusan *Blower* Dengan *Peltier*

Waktu (menit)	Suhu (°C)
0	26
1	25,3
5	24,9
7	23,8
10	22,6
13	22,2
15	22
18	21,9
20	21,7
23	21,4
26	20,9
28	20,7
30	19,8



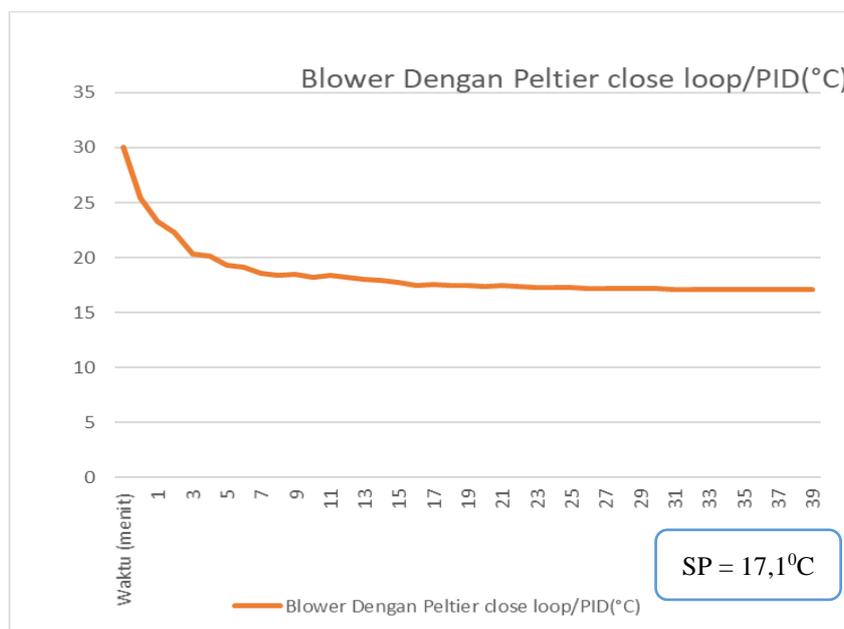
Gambar 12. Suhu Hembusan *Blower* dengan *Peltier*

Berdasarkan grafik di Gambar 11 dan 12 rata-rata suhu hembusan *blower* tanpa *peltier* sebesar  $25,65^{\circ}\text{C}$  sedangkan dengan *peltier* lebih kecil yakni  $22,27^{\circ}\text{C}$ . Hal ini memperlihatkan bahwa dengan adanya *peltier* mempengaruhi suhu *blower* menjadi lebih rendah. Sebelum melakukan proses pengontrolan *blower motor* DC dijalankan tanpa kontrol terlebih dahulu atau *open loop* dengan *set point*  $17^{\circ}\text{C}$ , dengan pembatasan waktu 30 menit.



Gambar 13. Grafik Penurunan Suhu *Blower Motor* DC *Open Loop*

Percobaan dilakukan dengan menerapkan metode *trial and error* di Gambar 13 dan 14, dilakukan lebih dari 10 kali percobaan. Hasil yang ditampilkan merupakan parameter dari 10 percobaan yang mendekati nilai yang relevan. Setelah mendapatkan penalaan parameter PID yang paling optimal dengan menggunakan metode *trial and error* yaitu  $K_p = 20$ ,  $K_i = 2$ , dan  $K_d = 20$ , selanjutnya dilakukan pengujian respon sistem terhadap keluaran *blower motor* yaitu suhu yang dihitung oleh sensor yang menjadi *feedback* sampai suhu mencapai *set point*  $17^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 14. Grafik Penurunan Suhu *Blower Motor DC Closed Loop*

## Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini bahwa peltier dan blower dengan kendali *PID* dapat mendinginkan suhu dengan rata-rata sebesar  $22,7^{\circ}\text{C}$ . Parameter *PID* yang paling optimal dengan menggunakan metode *trial and error* yaitu  $K_p = 20$ ,  $K_i = 2$ , dan  $K_d = 20$  dengan set point  $17^{\circ}\text{C}$ . Dengan demikian, suhu blower motor lebih dingin menggunakan peltier.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Jenderal Achmad Yani yang telah mendanai penelitian ini dalam Skema Penelitian Kompetitif Tahun Anggaran 2021.

## Daftar Notasi

$K_p$  = Konstanta pengendali tipe proporsional

$K_i$  = Konstanta integral

$K_d$  = Konstanta derivatif

## Daftar Pustaka

- Bangala, A. L., Rompis, L., Sanger, J. B., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., Studi, P., Informatika, T., Teknik, F., Katolik, U., & Salle, D. La. (2018). Perancangan Sistem Otomasi Suhu Berbasis Mikrokontroler. *JURNAL REALTECH*, 14(1), 1–7.
- D. Ryvlin, M. Girschikofsky, D. Schollmeyer, R. Hellmann, and S. R. W. (2018). Methyl-Substituted  $\alpha$ -Cyclodextrin as Affinity Material for Storage, Separation, and Detection of Trichlorofluoromethane. *Glob. Challenges*, 2(8).
- Fetra, R. (2020). *Sistem Otomasi Penyalaan Lampu dan AC ( Air Conditioner ) pada Ruang Dosen Berbasis Arduino UNO*. 06(01), 145–152.
- Firdaus, R., & Zulfikar, W. (2016). Pengontrol Suhu Ruangan menggunakan Metode PID Room Temperature Controller uses the PID. *Open Journal System UNIKOM*, 4(2), 1–12.
- Gökçek M, Ş. F. E. (2017). Performance investi-gation of minichannel water cooledthermoelectric refrigerator. *Case Studies in Thermal Engineering*, 10, 54–62.
- Ilahy, M. T. W., Singgih, H., & Sungkono, S. (2021). Implementasi Pengontrol Suhu dan Kelembaban Menggunakan Metode PID Pada Proses Pematangan Keju. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 6(3), 48. <https://doi.org/10.33795/elkolind.v6i3.169>
- Indrawan, W. S. (2019). Sistem Pendingin Menggunakan Thermo-Electric Cooler Dengan Kontroler Proportional-Integralderivative. *Berkala Fisika*, 22(2), 68–76.
- J. Victor Tuapetel , A. Faishal Ramadhan, M. K. R. (2019). Rancang Bangun Sistem Pendingin Sekunder Untuk Kabin Mobil Dengan Memanfaatkan Thermoelektrik (TEC). *Jurnal Teknik Mesin ITI*, 3(1), 18. <https://doi.org/10.31543/jtm.v3i1.244>
- L. Ma, L. Shang, D. Zhong, and Z. J. (2017). Experimental investigation of a two-phase closed thermosyphon charged

- with hydrocarbon and Freon refrigerants. *Appl. Energy*, 207, 665–673.
- Ogata, K. (1991). *Teknik Kontrol Automatik : Sistem Pengaturan* (4th ed.). Erlangga.
- Rohito, K. B., Dantes, K. R., & Nugraha, I. N. P. (2019). Rancang Bangun Air Cooler Dengan Menggunakan Modul Termoelektrik Peltier Type Tec-12706. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 7(3), 122. <https://doi.org/10.23887/jptm.v7i3.26516>
- Rosalina, Qosim, I., & Mujirudin, M. (2017). Analisis Pengaturan Kecepatan Motor DC Menggunakan Kontrol PID ( Proportional Integral Derivative ). *Seminar Nasional TEKNOKA*, 2(2502–8782), 89–94.
- Samsugi, S., & Suwanto, A. (2018). Pemanfaatan Peltier dan Heater Sebagai Alat Pengontrol Suhu Air Pada Bak Penetasan Telur Ikan Gurame. *Conference on Information Technology*, 295–299.
- Sujiwa, A., & Nurochman, M. A. (2019). Analisa Suhu Pendinginan Termoelektrik Tipe TEC-12706 Dengan Variasi Metode Pendinginan Sisi Panas. *SinarFe7*, 2(1), 425–429. [https://ejournal.fortei7.org/index.php/SinarFe7/article/view/85%0Ahttp://files/224/Sujiwa and Nurochman - 2019 - Analisa Suhu Pendinginan Termoelektrik Tipe TEC-12.pdf%0Ahttp://files/225/85.html](https://ejournal.fortei7.org/index.php/SinarFe7/article/view/85%0Ahttp://files/224/Sujiwa%20and%20Nurochman%20-%202019%20-%20Analisa%20Suhu%20Pendinginan%20Termoelektrik%20Tipe%20TEC-12.pdf%0Ahttp://files/225/85.html)
- Tangwe, S.L. Simon, M. Meyer, E. (2017). Prediction of coefficient of performance and simulation design of an air-source heat pump water heater. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 15(3), 378–394.
- Wardhana DW, Wahyudi A, N. H. (2016). Perancangan sistem kontrol PID untuk pengendali sumbu azimuth turret pada turret-gun kaliber 20mm. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), A512–A516.