

## DESAIN PENGENDALI PUTARAN KIPAS UNTUK MEMPERCEPAT PROSES PENDINGINAN PERANGKAT ELEKTRONIS DAN MEDIS

Asep Najmurokhman<sup>1\*</sup>, Kusnandar<sup>2</sup>, Bambang HSR Wibowo<sup>3</sup>, Samsul Falah<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani

Jl. Terusan Jenderal Sudirman PO Box 148 Cimahi 40533

<sup>4</sup>PT. Rajawali Medika Mandiri

Jl. Rajawali Sakti, Komplek Rajawali Sakti Permai B22 – 23 Bandung 40183

\*E-mail : asepnajmu@yahoo.com

### ABSTRAK

Peralatan elektronik dan medis umumnya memerlukan suhu ruang yang dingin. Akibat disipasi energi panas yang dihasilkan oleh komponen resistif dalam peralatan tersebut, suhu ruang dimana peralatan tersebut berada akan meningkat. Untuk menjaga suhu berada dalam nilai yang ditentukan maka harus dibuat sistem pengendali suhu. Makalah ini memaparkan prototipe pengendali suhu menggunakan mikrokontroler AT89S52 sebagai pengendalinya. Komponen lain dalam prototipe tersebut adalah sensor suhu LM35, *relay*, *driver* motor, dan kipas. Pengendalian suhu dilakukan dengan cara mengatur laju putaran kipas sesuai dengan suhu aktual. Dalam sistem ini, mode pengendalian suhunya dibuat empat tipe untuk mempercepat proses pendinginan. Empat tipe tersebut berkorelasi dengan laju putaran kipasnya. Semakin tinggi suhu aktual, semakin cepat putaran kipas tersebut. Informasi suhu aktual diperoleh dari data sensor suhu yang kemudian dikirim ke mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut ke bagian driver motor pemutar kipas. Hasil pengujian memperlihatkan proses pengendalian suhu berjalan dengan baik. Laju putaran kipas sesuai dengan nilai suhu yang terjadi dalam sistem. Dari beberapa skenario eksperimen, waktu yang diperlukan untuk menurunkan suhu ruang aktual menuju suhu referensinya bervariasi antara 13-20 menit bergantung kepada suhu aktualnya.

**Kata kunci:** mikrokontroler, putaran kipas, *relay* pembagi tegangan, sensor suhu.

### ABSTRACT

*Electrical equipment and medical instrument generally work well in the low temperature. Due to the dissipation of thermal energy generated by the resistive component in the instrument, the room temperature will increase. To keep the temperature within the specified value, we should design a temperature control system. This paper describes the prototype of temperature controller using microcontroller AT89S52. Other components in the prototype are LM35 temperature sensors, relays, motor drivers, and fan. Temperature control is done by adjusting the fan speed according to the actual temperature. In this system, the temperature control mode is made up of four types to accelerate the cooling process. The four types are correlated with the fan speed. The higher of the actual temperature, the faster of the fan speed. The actual temperature information is obtained from the temperature sensor data which is then sent to the microcontroller for further processing to the fan motor driver. The experimental test shows that the temperature control runs very well. The fan speed corresponds to the actual temperature in the system. Time response to decrease the actual temperature into the reference temperature varies between 13-20 minutes depending on the actual temperature.*

**Keywords :** fan speed, microcontroller, temperature sensor, voltage-divider relay.

### PENDAHULUAN

Peralatan elektronik dan medis umumnya dirancang bekerja dengan optimal pada suhu ruang tertentu (Farhood, 2017; Lakshminarayanan & Sriraam, 2014; Mattila *et al.*, 2012). Akibat disipasi energi panas yang dihasilkan oleh komponen resistif dalam peralatan tersebut, suhu ruang dimana peralatan tersebut berada akan meningkat. Jika suhu ruang meningkat maka performansi alat tersebut akan mengalami degradasi. Dalam instrumentasi medis, sistem rontgen dengan

komponen utama tabung sinar-X akan menghasilkan citra yang berkualitas buruk jika suhu ruang tabungnya meningkat (Kochura *et al.*, 2014; Pascal *et al.*, 2014; Santos & Filho, 2008). Sebuah komputer atau laptop akan mengalami penurunan performansinya dalam bentuk respon menjadi lambat, terjadinya *hang*, atau kerusakan komponen lain apabila suhunya meningkat (Hidayat *et al.*, 2015). Kondisi serupa dialami oleh peralatan elektronik lain jika suhu ruangnya menjadi lebih tinggi. Untuk mempertahankan suhu

pada nilai tertentu, sebuah pengendali suhu diperlukan untuk mengatur suhu ruang agar berada dalam nilai yang diinginkan. Dengan demikian, sistem secara keseluruhan dapat mempertahankan performansinya karena suhu ruangnya dijaga konstan.

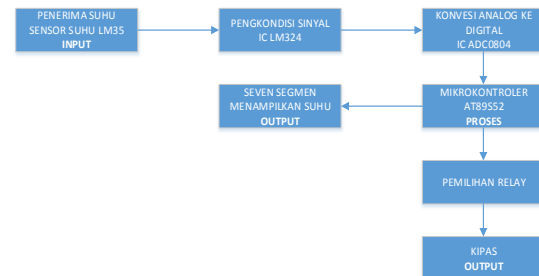
Sebuah sistem kendali terdiri atas komponen-komponen sensor, pengendali, aktuator, dan plant. Dalam sistem kendali suhu, sensor suhu berfungsi mendeteksi suhu ruang, pengendali berisi algoritma pengendalian suhu, aktuator berperan sebagai elemen penggerak untuk menurunkan suhu, dan *plant* adalah objek yang dikendalikan. Pada umumnya, aktuator untuk sistem kendali suhu ini berupa kipas (*fan*) yang diputar oleh motor listrik. Jika sensor suhu mendeteksi kenaikan suhu, maka algoritma pengendalian suhu yang diinstalasi dalam pengendali akan menghasilkan instruksi berupa bergeraknya kipas oleh motor listrik. Ukuran performansi sistem kendali suhu ini biasanya berupa respon waktu yang diperlukan sistem untuk menghasilkan suhu yang diinginkan (*setpoint*).

Dalam makalah ini, sebuah prototipe pengendali suhu dengan menggunakan mikrokontroler dirancang untuk menghasilkan penurunan suhu lebih cepat dan efektif berdasarkan kondisi suhu ruang saat itu. Dalam sistem kendali suhu sederhana, pengendali dirancang untuk menurunkan suhu saat suhu ruang meningkat tanpa melihat nilai suhu ruang saat itu. Kipas yang dipasang untuk menurunkan suhu bergerak dengan laju yang tetap. Jika nilai suhu ruang saat itu relatif besar dibandingkan suhu yang diinginkan, maka penurunan suhunya akan terasa lambat. Hal tersebut memungkinkan penggunaan energi yang relatif banyak untuk proses penurunan suhunya. Salahsatu cara untuk mempercepat proses penurunan suhu adalah pengaturan laju putaran kipas berdasarkan kondisi suhu ruang saat itu. Dalam sistem tersebut, laju putaran kipas bergantung kepada nilai suhu aktual. Semakin tinggi suhu aktualnya, semakin cepat putaran kipas tersebut. Dengan demikian, proses pengendalian suhu yang terjadi dapat berjalan lebih efektif, respon waktu yang relatif cepat, dan penggunaan energi yang optimal.

## METODE

Untuk merealisasikan prototipe pengendali putaran kipas agar efektif dalam

mempercepat penurunan suhu ruang suatu peralatan, beberapa komponen atau subsistem dibangun dan diintegrasikan untuk mendukung realisasi sistem tersebut. Secara skematik, komponen utama sistem yang dirancang dan alur prosesnya diperlihatkan pada Gambar 1.

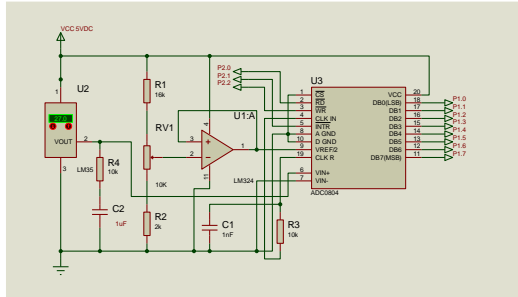


Gambar 1. Diagram skematik sistem

Sistem tersusun oleh komponen utama yang terdiri atas sensor suhu LM35, pengkondisi sinyal LM324, ADC 0804, mikrokontroler AT89S52, *relay*, kipas, dan penampil *seven segment*. Dalam sistem ini, sensor suhu LM35 berfungsi mendeteksi besaran suhu ruang setiap saat. Selanjutnya, data sensor berupa tegangan analog ini diperkuat tiga tingkat oleh LM324 agar sinyalnya dapat dibaca oleh komponen pengubah sinyal analog ke digital ADC0804. Sinyal keluaran pengkondisi sinyal tersebut kemudian diolah oleh ADC0804 agar dapat diproses lebih lanjut oleh mikrokontroler. Bagian output mikrokontroler akan mengeluarkan sinyal masing-masing ke bagian penampil *seven segment* untuk memperlihatkan nilai suhu aktual dan *relay* untuk menggerakkan kipas. *Relay* yang dipasang dalam sistem ini berjumlah empat buah untuk mengatur besar laju putaran kipas agar penurunan suhu berlangsung secara efektif sesuai dengan nilai suhu ruang aktual.

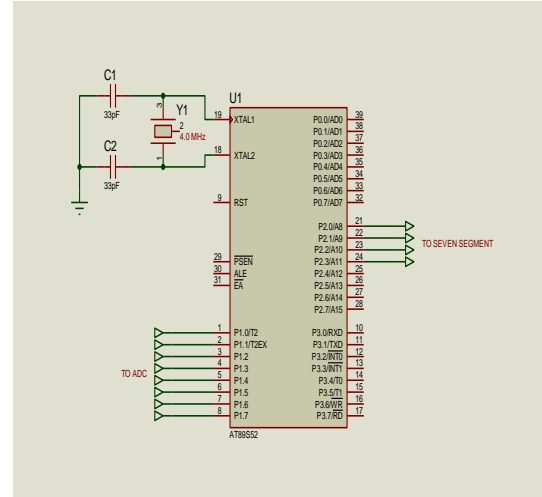
Dalam sistem yang dirancang, komponen IC LM35 digunakan sebagai sensor suhu. Sensor LM35 bekerja dengan mengubah besaran suhu menjadi besaran tegangan. Sensor ini memiliki koefisien konversi sebesar  $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$  yang berarti setiap terjadi kenaikan suhu  $1^\circ\text{C}$  maka terjadi kenaikan tegangan sebesar  $10 \text{ mV}$ . Sensor ini mempunyai pemanasan diri (*self-heating*) kurang dari  $0,1^\circ\text{C}$ , dapat dioperasikan dengan menggunakan catu daya tunggal dan dapat dihubungkan antar muka dengan rangkaian kontrol yang sangat mudah. Selain itu, LM35

ini tidak memerlukan pengkalibrasian atau penyetelan dari luar karena ketelitiannya sampai lebih kurang seperempat derajat celcius pada suhu ruang. Rentang ukur suhu dari sensor ini mulai dari  $-55^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $150^{\circ}\text{C}$ . Rangkaian sensor suhu LM35 diberikan dalam Gambar 2.



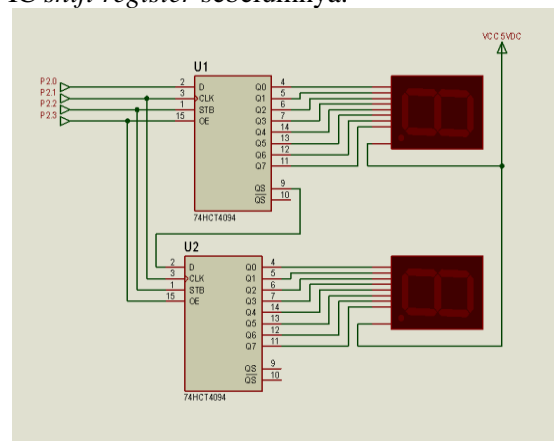
Gambar 2. Rangkaian Sensor Suhu LM35

Sementara itu, mikrokontroler yang digunakan dalam sistem ini adalah mikrokontroler AT89S52. Untuk merealisasikan sistem yang dirancang, pin 31 *External Access Enable* (EA) diset *high* (H). Hal ini dilakukan karena mikrokontroler AT89S52 tidak menggunakan memori eksternal. Pin 18 dan 19 dihubungkan ke XTAL 4 MHz dan kapasitor 33 pF. XTAL ini akan mempengaruhi kecepatan mikrokontroler dalam mengeksekusi setiap perintah dalam program. Pin 9 merupakan masukan *reset* (*active high*). Pulsa transmisi dari rendah ke tinggi akan mereset mikrokontroler ini. Pin 32 sampai 39 adalah port 0 (nol) yang merupakan saluran/bus 8 bit *open collector* yang dapat juga digunakan sebagai *multiplex bus* alamat rendah dan bus data selama adanya akses ke memori program eksternal. Pin 1 sampai 8 adalah port 1. Port 1 dalam sistem ini digunakan untuk menerima masukan dari sensor LM35 yang sudah dikonversi dengan menggunakan ADC0804. Pin 21 sampai 28 adalah port 2. Port 2 dalam sistem ini digunakan sebagai saluran data output menuju *seven segment* dan relay penggerak kipas. *Seven segment* berfungsi untuk menampilkan nilai suhu yang terukur oleh sensor LM35, sedangkan relay penggerak kipas berguna untuk menghasilkan putaran kipas dengan laju berbeda-beda sesuai dengan kondisi suhu aktual. Penentuan port input dan output serta koneksi dari mikrokontroler dengan bagian rangkaian lain diberikan dalam Gambar 3.



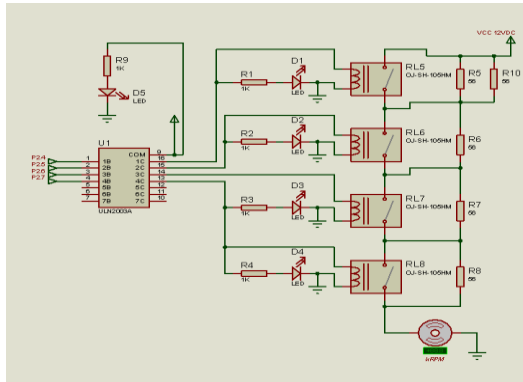
Gambar 3. Mikrokontroler AT89S52

Untuk menampilkan suhu yang terukur, sebuah penampil *seven segment* didukung oleh komponen IC4094. Bagian rangkaian penampil *seven segment* diberikan pada Gambar 4. Dalam rangkaian penampil *seven segment* tersebut, IC 4094 digunakan agar masukan yang diperoleh dari mikrokontroler tidak memerlukan port yang banyak. Data masuk secara serial melalui pin D pada U1. Pada IC *shift register* ini, data masuk baru disimpan setelah terjadi pulsa *clock*. Jadi cara memasukkan data pada *shift register* ini adalah data masuk – *clock* – data masuk – *clock* – begitu seterusnya. Pin OE atau *output enable* digunakan untuk mengaktifkan output serial maupun output paralel. Logika 1 untuk *enable* dan logika 0 untuk *disable*. Pin QP0-QP7 adalah output paralel dari *shift register*, sedangkan QS1-QS2 adalah output serialnya. Jika menggunakan lebih dari satu IC *shift register* maka pin data dari IC *shift register* selanjutnya dihubungkan ke output serial dari IC *shift register* sebelumnya.



Gambar 4. Penampil *seven segment*

Bagian penting dalam proses penurunan suhu adalah rangkaian *relay* pembagi tegangan untuk mengatur laju putaran kipas. Rangkaian lengkapnya diberikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Relay pembagi tegangan

*Relay* diatur sehingga menghasilkan putaran kipas dari laju pelan sampai sangat cepat. Pengaturan laju putaran kipas tersebut dihasilkan dengan mekanisme *normally open* (NO) dan *normally closed* (NC) dari *relay* RL5-RL8 pada Gambar 5. Mekanisme tersebut dihasilkan dengan kombinasi bit yang dikeluarkan dari *port* output ICULN2003A. Klasifikasi laju putaran dibuat sesuai dengan suhu aktual yang terukur oleh sensor suhu. Suhu referensi ditentukan sebesar 25°C. Jika suhu ruang berada di bawah suhu referensi maka kipas tidak akan bekerja (*off*). Jika suhu aktual antara 25°C sampai 30°C, maka kipas berputar pelan. Sementara itu, jika suhu aktual yang terukur sensor suhu berada diantara nilai 30°C sampai kisaran 35°C, maka laju putaran kipas dibuat dalam kondisi sedang. Dengan kondisi tertentu, jika suhu ruang meningkat sampai 40°C maka kipas akan berputar cepat. Putaran maksimal kipas terjadi jika suhu ruangnya melebihi 40°C. Laju putaran kipas sebanding dengan tegangan masukan kepada kipas tersebut. Pengaturan laju putaran kipas mengikuti skema yang diberikan dalam Tabel 1. Dalam sistem yang dirancang, kipasnya menggunakan model RB8025SM dengan tegangan input 12 V<sub>DC</sub> dan arus 0,14 A.

Tabel 1. Pengaturan relay dan laju putaran kipas.

Laju kipas	Tegangan kipas	Relay 5	Relay 6	Relay 7	Relay 8
pelan	3 V	NO	NO	NO	NC
sedang	6 V	NO	NO	NC	NC
cepat	9 V	NO	NC	NC	NC
sangat	12 V	NC	NC	NC	NC

cepat

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototipe pengendali putaran kipas dalam bentuk kompak yang direalisasikan diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Realisasi sistem pengendali suhu

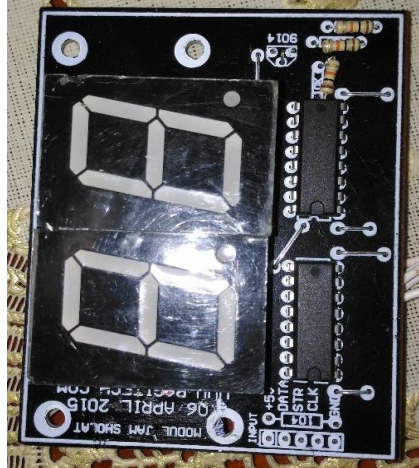
Bagian utama dari sistem tersebut adalah rangkaian sensor, mikrokontroler, penampil *seven segment*, relay pembagi tegangan, dan kipas. Realisasi perangkat keras dari masing-masing bagian tersebut diperlihatkan pada Gambar 7-10. Gambar 7 memperlihatkan rangkaian mikrokontroler yang digunakan untuk mengatur proses pengendalian suhu dalam sistem yang direalisasikan. Tipe mikrokontroler yang digunakan adalah AT89S52. Sementara itu, rangkaian relay pembagi tegangan untuk mengatur laju putaran kipas diberikan pada Gambar 8. Gambar 9 memperlihatkan rangkaian penampil *seven segment*, sedangkan Gambar 10 memperlihatkan kipas yang digunakan dalam prototipe yang direalisasikan.



Gambar 7. Rangkaian sensor, mikrokontroler, dan konverter analog ke digital



Gambar 8. Relay pembagi tegangan



Gambar 9. Rangkaian penampil seven segment



Gambar 10. Kipas yang diatur laju putarannya

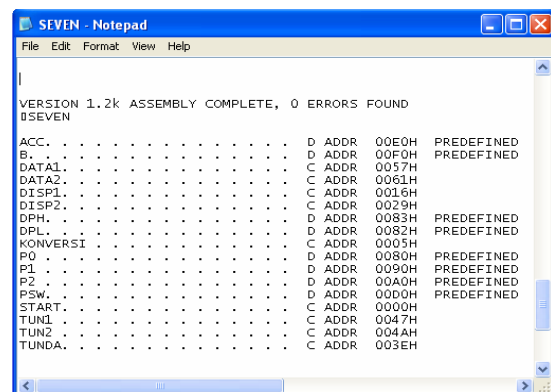
Pengujian sistem dilakukan dengan mengukur besaran-besaran listrik setiap bagian dalam sistem dilanjutkan dengan pengujian sistem keseluruhan setelah semua bagian diintegrasikan. Hasil pengujian terhadap rangkaian sensor diperoleh bahwa spesifikasi sensor dalam batas-batas tertentu dipenuhi

dengan baik. Tabel 2 memperlihatkan hubungan antara nilai suhu aktual yang diukur oleh sensor suhu dengan tegangan output dari rangkaian sensor tersebut. Dari Tabel 2 diperoleh faktor konversi besaran untuk sensor suhu yang digunakan sekitar 10 mV/°C yang sesuai dengan spesifikasi teknis sensor tersebut.

Tabel 2. Hasil pengukuran besaran suhu dengan tegangan pada rangkaian sensor.

Suhu (°C)	Tegangan Keluaran (V)
5	0,06
10	0,9
15	0,15
20	0,20
25	0,25
30	0,31
35	0,35
40	0,40
45	0,45
50	0,51
55	0,55
60	0,65
65	0,71
70	0,76

Sementara itu, pengujian kode program yang diinstalasi ke dalam mikrokontroler dilakukan dengan cara mengkompilasi kode program dalam bahasa *assembly* menjadi file dengan ekstensi *.lst*. Hasil kompilasi program tersebut diperlihatkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil kompilasi program

Bagian lainnya yang diuji adalah rangkaian pengubah analog ke digital yang mengkonversi besaran suhu aktual agar dapat diolah mikrokontroler. Beberapa sampel pengujian diberikan pada Tabel 3 yang memperlihatkan bahwa rangkaian ADC0804 dapat bekerja dengan baik.

Tabel 3. Hasil pengujian ADC0804

Input (mV)	Output Digital								Nilai Desimal
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19,5	0	0	0	0	0	0	0	1	1
39,3	0	0	0	0	0	0	1	0	2
58,7	0	0	0	0	0	0	1	1	3
78,3	0	0	0	0	0	1	0	0	4
98,7	0	0	0	0	0	1	0	1	5
117,3	0	0	0	0	0	1	1	0	6
137,8	0	0	0	0	0	1	1	1	7
225	0	0	0	0	1	0	0	0	8
323,8	0	0	0	0	1	0	0	1	9
377	0	0	0	0	1	0	1	0	10
457	0	0	0	1	0	1	0	0	20
587,5	0	0	0	1	1	1	1	0	30
783	0	0	1	0	1	0	0	0	40
979	0	0	1	1	0	0	1	0	50
4990	1	1	1	1	1	1	1	1	255

Bagian lain yang juga dilakukan pengujian adalah nilai tegangan yang digunakan untuk menggerakkan putaran kipas sesuai Tabel 1. Dari hasil pengukuran besaran tegangan diperoleh nilai yang relatif dekat dengan nilai yang direncanakan seperti diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hubungan antara putaran kipas dan nilai tegangan masukan ke kipas

Dalam proses realisasi rangkaian, pemilihan kualitas komponen menentukan hasil akhir yang baik. Selain itu, metode pengendalian suhu dan putaran kipasnya masih dilakukan dengan prinsip sederhana. Penelitian selanjutnya untuk menghasilkan sistem pengendalian yang lebih baik dapat diarahkan dengan menerapkan metode kendali cerdas seperti logika fuzzy yang secara konseptual telah diuraikan oleh Najmurokhman (2006). Penggunaan tipe mikrokontroler lain dengan

Putaran Kipas	Tegangan Kipas
Mati	0 Volt
Pelan	3,2 Volt
Sedang	5,9 Volt
Cepat	9,11 Volt
Sangat Cepat	11,84 Volt

Pengujian terakhir dilakukan saat integrasi sistem secara keseluruhan. Dalam pengujian ini, suhu aktual diubah dengan cara menaikkan suhu ruang melalui pemanasan dengan *burner* atau solder. Dari hasil pengujian, prototipe pengendali putaran kipas ini bekerja secara efektif menurunkan suhu ruang menuju suhu referensinya dengan relatif cepat karena laju putaran kipasnya bekerja sesuai dengan suhu aktualnya. Performansi prototipe ini diukur melalui waktu yang diperlukan untuk menurunkan suhu ruang aktual menuju suhu referensinya sesuai dengan Tabel 5.

Tabel 5. Performansi sistem

Penurunan Suhu	Lama Waktu
30°C ke 25°C	13 menit
35°C ke 25°C	17 menit
40°C ke 25°C	20 menit

## SIMPULAN DAN SARAN

Makalah ini telah menguraikan tentang desain pengendali putaran kipas untuk menghasilkan penurunan suhu ruang secara efektif. Metode pengendaliannya dilakukan dengan cara mengatur putaran kipas sesuai dengan suhu aktualnya. Semakin besar suhu aktual, semakin besar putaran kipas yang dihasilkan. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa proses penurunan suhu berjalan dengan baik.

kapasitas memori dan kecepatan pemrosesan lebih tinggi seperti dilaporkan oleh Hakim & Pratama (2017) juga dapat dipertimbangkan dalam pengembangan lebih lanjut dari prototipe yang telah dipaparkan dalam makalah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Farhood, B., Khezerloo, D., Zadeh, T. M., Nedaie, H. A., Hamrahi, D. and Khezerloo, N. 2017. Evaluation of the

- effect of temperature variation on response of PRESAGE® dosimeter. *Journal of Cancer Research and Therapeutics*, vol. 13, issue 1, Jan-Mar 2017, pp. 118-121.
- Hakim, A. dan Pratama, W. 2017. Pengatur Suhu Ruangan Otomatis Berbasis Mikrokontroler ARM Cortex M0 NUMICRO NUC140VE3CN. *Jurnal Ilmiah KOMPUTASI*, Vol. 16 No. 1, Juni 2017, pp. 21-26.
- Hidayat, N., Iskandar, R. F. and Rokhmat, M. 2015. Personal Computer Temperature Control Using PID Control Based Liquid Cooling System. *Intern. Conf. on Automation, Cognitive Science, Optics, Micro Electro-Mechanical System, and Information Technology*, Bandung, Oct. 29–30, 2015, pp. 169-171.
- Kochura, A. G., Kozakov, A. T., Yavna, V. A. and Daniel, Ph. 2014. Temperature effect on X-ray photoelectron spectra of 3d transition metal ions. *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, vol. 195, 2014, pp. 200-207.
- Lakshminarayanan, V. and Sriraam, N. 2014. The effect of temperature on the reliability of electronic components. *IEEE Intern. Conf. on Electronics, Computing and Communication Technologies*, 6-7 Jan 2014, pp. 1-6.
- Mattila, T.T., Li, J. and Kivilahti, J.K. 2012. On the effects of temperature on the drop reliability of electronic component boards. *Journal on Microelectronics Reliability*, Vol. 52, Issue 1, Jan 2012, pp. 165-179.
- Najmurokhman, A. 2006. Perancangan Pengendali Suhu Berbasis Logika Fuzzy. *Seminar Instrumentasi Berbasis Fisika*, Bandung, 31 Agustus 2006, pp. 156-161.
- Pascal, T. A. et al. 2014. Finite temperature effects on the X-ray absorption spectra of lithium compounds: First-principles interpretation of X-ray Raman measurements. *The Journal of Chemical Physics* 140, 034107 (2014), doi: 10.1063/1.4856835.
- Santos, L. A. P. and Filho, J. P. B. 2008. Temperature effect on a phototransistor used as X-ray beam detector for diagnostic standard radiation qualities. *IEEE Nuclear Science Symposium Conference*, 19-25 Oct. 2008, pp. 1108-1109.