

RANCANG SISTEN KENDALI SUHU KOTAK PENDINGIN PINTAR BERBASIS TERMOELEKTRIK UNTUK PENYIMPANAN DARAH MANUSIA

DESIGN TEMPERATURE CONTROL SYSTEM SMART COOLING BOX BASED THERMOELECTRIC FOR STORING HUMAN BLOOD

Nadya Ibnu Rakhman¹, Dr. Ir. Sony Sumaryo, M.T.², Agung Surya Wibowo, S.T, M.T.³

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi, Dayeuhkolot Bandung 40257 Indonesia

¹nadyaibnu@student.telkomuniversity.ac.id, ²sonysumaryo@telkomuniversity.ac.id,
³agungsw@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Trombosit harus disimpan pada suhu optimal yakni 20-24 °C agar tidak terjadi kerusakan (hemolisis) dengan toleransi waktu 1 jam tanpa agitasi. Pendinginan konvensional masih menggunakan ice pack dalam pengiriman darah. Pada umumnya kotak pendingin darah untuk transportasi belum mempunyai pengendali suhu. Jika suhu naik, pengguna harus menambahkan ice pack. Maka dirancang kotak pendingin berbasis termoelektrik sebagai sumber pendinginannya. Pada tugas akhir ini dirancang sistem yang dapat mengatur suhu, dengan ketetapan suhu 20-24 °C yang dapat mengatur konsumsi. Sistem kendali yang digunakan adalah Fuzzy Logic. Metode kontrol yang digunakan yaitu logika fuzzy. Sistem ini dirancang untuk dapat mengatur suhu kotak pendingin yang menyimpan darah dengan rentang suhu 20-24°C. Sensor yang digunakan yakni, MLX 90615 untuk mengukur suhu kotak di dalam cooling box dan sensor DS18B20 yang akan mengukur suhu kantung darah. Dari set point yang telah ditentukan nantinya pengguna tidak perlu menambahkan ice pack ke dalam kotak karena nantinya pendinginan akan dilakukan oleh modul Peltier TEC (Thermoelectric Cooler). Hasil dari tugas akhir ini, yakni fuzzy logic control dapat digunakan sebagai kontrol suhu pada peltier yang diatur arusnya oleh ESC (Electronic Speed Control). Hal ini dibuktikan dengan suhu kotak yang stabil pada suhu 22°C dalam waktu 17 menit dan tingkat kerusakan darah trombosit yang minim yaitu 4 . 103/uL

Kata Kunci: Darah, *Thrombocyte Concentrate* (TC), *Thermoelectric Couple* (TEC), *Peltier*, Sistem kendali Suhu, Logika *Fuzzy*.

Abstract

Thrombocyte must be stored in the certain temperature (20 - 24 °C) to avoid being damaged with one hour tolerance without agitation. Conventional cooler that used for transferring blood pack still using ice pack. Usually, the conventional cooler didn't come with temperature control. If the temperature goes up, the user should add the ice pack. That's the reason why we build a cooler pack with Peltier TEC (Thermoelectric Cooler) as the cooling system. In this final project, we build a system that could control the temperature with 20 - 24 °C as a default. Fuzzy Logic is used for the control system and the control method. The sensor we used for this project is MLX 90615 and DS18B20, and both of the sensor is used for measuring the temperature. MLX 90615 is used for the cooling box, and DS18B20 will be measuring the blood pack. From the set point that has been pointed, the user don't have to add the ice pack. Because Peltier TEC will be the one who is cooling the box. The result of this final project, is a fuzzy logic control that could control the temperature on the Peltier TEC with the help of ESC (Electronic Speed Control) to control the current. This theory is proved by the cooler box that we build. The temperature of the box could stabilized at 22 °C in 17 minutes with the low damaged rate on the thrombocyte (4.103/uL)

Keywords: *Blood, Thrombocyte Concentrate* (TC), *Thermoelectric Couple* (TEC), *Peltier*, *Thermal Control System*, *Fuzzy Logic*.

1. Pendahuluan

Program NAWACITA di bidang kesehatan salah satunya adalah memperjuangkan penurunan angka kematian ibu (AKI). Berdasarkan survei Demografi dan Kesehatan Indonesia (SDKI) tahun 2012, AKI sebesar 359 per 100.000 kelahiran hidup dengan penyebab utama adalah perdarahan, hipertensi dalam kehamilan (HDK) dan infeksi[1]. Darah adalah cairan yang sangat kompleks yang terdiri dari bermacam-macam sel darah yang disuspensikan kedalam cairan yang disebut plasma. Sel-sel darah terdiri atas: sel darah merah (*eritrosit*), sel darah putih (*leukosit*), dan sel pembeku darah (trombosit)[2]. *Tromboocyte Concentrate* (TC) atau trombosit konsentrat diberikan untuk kelainan pada trombosit baik jumlah maupun kualitasnya (*trombositopenia*) dimana terjadi penurunan produksi trombosit atau fungsi trombosit yang abnormal serta digunakan untuk pengobatan perdarahan[2].

Kotak pendingin konvensional pada dasarnya tidak dirancang untuk menyimpan darah karena kotak tersebut masih memiliki kelemahan yaitu bergantung pada penggunaan *ice gel* yang sebelumnya harus di dinginkan terlebih dahulu dalam kulkas, lama dinginnya yang tidak terukur pasti, serta terbatasnya *ice gel / ice pack* yang dapat dibawa saat transportasi berlangsung juga merupakan kelemahan pada kotak pendingin konvensional tersebut, termasuk tidak adanya *monitoring temperature* dan standar penyimpanan suhu darah.

Penelitian berfokus pada pembuatan purwarupa desain kotak pendingin pintar berbasis termoelektrik untuk penyimpanan darah manusia. Logika Fuzzy dipilih karena kemampuannya dalam proses penalaran secara bahasa sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematika yang rumit dan memiliki toleransi yang tidak tepat serta mampu memodelkan fungsi fungsi nonlinier yang kompleks. Penggunaan kendali logika *fuzzy* pada sistem ini bertujuan untuk mengendalikan suhu dan konsumsi daya pada kotak pendingin pintar. Kotak pendingin pintar ini memiliki fitur *monitoring temperature* dan standar penyimpanan suhu darah serta konsumsi daya kecil yang tidak dimiliki pada kotak pendingin konvensional. *Monitoring temperature* digunakan agar mempermudah pengguna dalam mengetahui suhu pada kotak pendingin pintar. Standar penyimpanan suhu darah yaitu 20-24 °C untuk darah trombosit.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Konsep Solusi

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, konsep solusi yang di tawarkan adalah sebagai berikut:

Tromboocyte Concentrate (TC) atau trombosit konsentrat merupakan olahan dari darah penuh (Whole Blood) yang harus disimpan selama 3-5 hari pada suhu 20-24 °C. TC diberikan untuk kelainan pada trombosit baik jumlah maupun kualitasnya (trombositopenia) dimana terjadi penurunan produksi trombosit atau fungsi trombosit yang abnormal serta digunakan untuk pengobatan perdarahan. Pada Tugas Akhir ini, akan dirancang purwarupa sistem kendali suhu kotak pendingin pintar yang otomatis mengatur suhu sesuai set point 20-24 °C pada transportasi darah tanpa agitator dengan toleransi 1 jam perjalanan, dari Unit Transfusi Darah ke Rumah Sakit untuk kebutuhan pasien perdarahan ataupun persiapan operasi. Cara kerja sistem ini yaitu kotak pendingin telah terpasang dua sensor suhu, yaitu sensor MLX90615 untuk membaca suhu kotak dan sensor DS18B20 untuk membaca suhu darah yang merupakan masukan sistem. Setelah data diproses menggunakan kendali logika fuzzy yang menghasilkan tiga parameter kondisi suhu, yaitu dingin, sedang, dan panas. Kemudian data dari suhu dibaca dan diolah sehingga dapat menentukan waktu aktifnya ESC Thermoelectric (TEC) sebagai pengganti ice gel dan kecepatan Kipas untuk mensirkulasikan dingin yang merupakan output dari sistem. Electronic Speed Control (ESC) mengatur arus pada TEC yang nantinya dapat mengatur dingin tidaknya TEC. Relay mengatur nyala dan matinya kipas yang akan mensirkulasikan dingin dari TEC ke lingkungan dalam kotak pendingin.

2.2 Darah

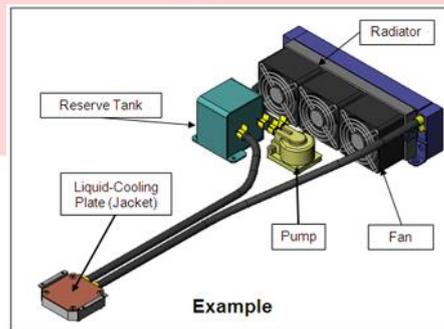
Darah adalah cairan yang kompleks yang terdiri dari bermacam-macam sel darah yang disuspensikan kedalam cairan yang disebut plasma. Sel-sel darah terdiri atas: sel darah merah (*eritrosit*), sel darah putih (*leukosit*) dan sel pembeku darah (*trombosit*). Trombosit merupakan salah satu jenis sel darah yang berfungsi untuk pembekuan darah disimpan pada suhu 20-24 °C dengan agitator selama 3-5 hari (saat transportasi darah tanpa agitator dengan toleransi 1 jam perjalanan). Trombosit diberikan untuk kelainan pada trombosit baik jumlah maupun kualitasnya (*trombositopenia*) dimana terjadi penurunan produksi trombosit atau fungsi trombosit yang abnormal serta digunakan untuk pengobatan perdarahan[1].

2.3 TEC (Thermoelectric Cooler)

Pendingin termoelektrik (thermoelectric cooler) adalah alat pendingin yang menggunakan elemen peltier dalam sistemnya sebagai pompa kalor. Efek peltier timbul apabila dua buah logam yang berbeda disambungkan dan kedua ujung logam tersebut dijaga pada temperatur yang berbeda, selain itu akan ada fenomena lain yang akan terjadi pada dua buah logam yaitu fenomena efek joule, efek fourier, efek seebeck, efek peltier dan efek thomson. [3]

2.4 Liquid Cooling System

Liquid Cooling System atau sistem pendingin cair pada dasarnya adalah radiator untuk mendinginkan prosesor pada komputer. Pada penerapannya, sistem pendingin cair akan menyalurkan cairan melalui waterblock yang terpasang pada peltier. Saat cairan melewati waterblock, panas dipindahkan dari peltier ke cairan pendingin. Cairan panas kemudian bergerak ke radiator dan memindahkan panas ke udara sekitar dengan bantuan kipas. Cairan yang didinginkan kemudian berjalan kembali melalui sistem ke komponen untuk melanjutkan proses yang berulang tersebut.



Gambar 2.4 Liquid Cooling System

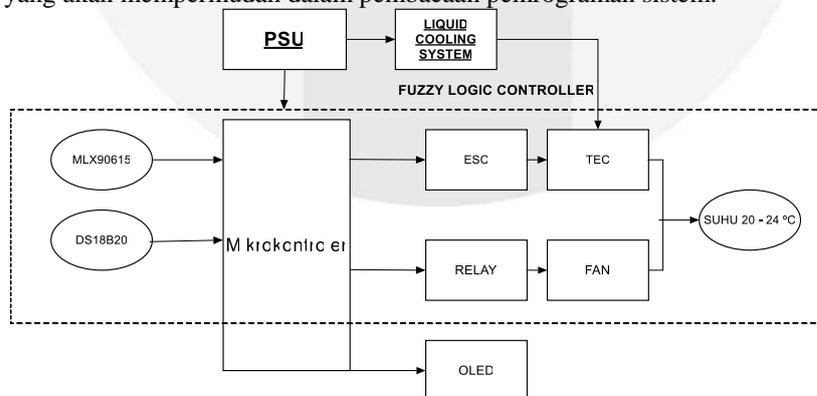
2.5 Sistem Kendali

Sistem kendali adalah proses pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran sehingga berada pada suatu kondisi tertentu yang menjadi target atau acuan. Parameter yang mempengaruhi kerja sistem kendali, yaitu: pengukuran, membandingkan, perhitungan, dan perbaikan. Dalam sistem kendali ada dua jenis yaitu kendali open loop dan kendali close loop. Perbedaan antar kedua kendali tersebut yaitu blok umpan balik (feedback). Sistem kendali open loop tidak memiliki blok feedback namun close loop memiliki blok feedback, sehingga dapat mengetahui output sistem. Pada sistem kendali close loop sinyal error dapat diketahui dari perbedaan antara sinyal input dengan sinyal feedback, dimana kontroler akan mengurangi error dan akan memberikan output sistem sesuai yang diinginkan [5].

3. Pembahasan

3.1 Desain Sistem

Pada bab perancangan sistem akan dibahas mengenai desain sistem yang terdiri dari desain perangkat keras (hardware) dan desain perangkat lunak (software). Desain perangkat keras terdapat diagram blok untuk menjelaskan proses kerja alat, sedangkan desain perangkat lunak terdapat flowchart yang akan mempermudah dalam pembacaan pemrograman sistem.

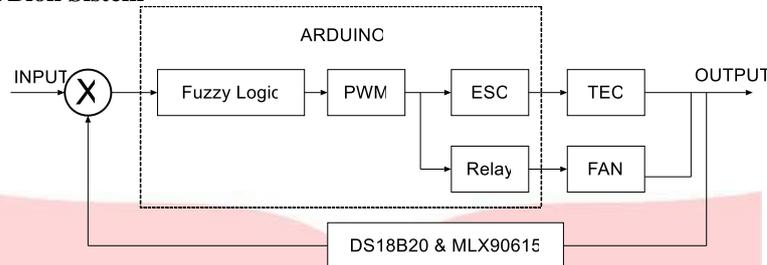


Gambar III - 1 Desain Sistem Kendali Suhu

Pada gambar III - 1 menunjukkan desain skematik perangkat sistem kendali suhu dengan metode Fuzzy Logic Controller. Dalam desain sistem terdapat input, proses dan output. Nilai sensor suhu MLX90615 (Sensor suhu non-contact) dan DS18B20 (sensor Contact) sebagai input sistem,

dan mikrokontroler memproses data dari sensor suhu. Nantinya plantnya berupa TEC yang menghasilkan suhu dingin pada heatsink dan kipas yang akan mensirkulasikan udara dingin dari heatsink.

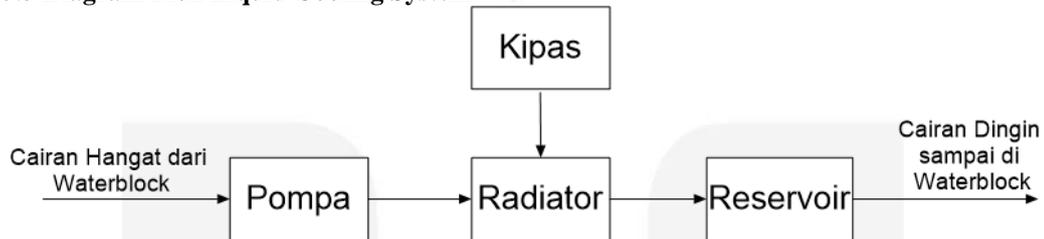
3.2 Diagram Blok Sistem



Gambar III - 2 Diagram Blok Sistem.

Gambar III-2 merupakan diagram blok sistem kotak pendingin darah. Input dari sistem yaitu nilai suhu yang didapat dari kedua sensor ,yaitu sensor suhu DS18B20 untuk mengukur suhu lingkungan di dalam kotak pendingin darah sedangkan sensor suhu MLX90615 digunakan untuk mengukur suhu obyek yaitu darah. Arduino sebagai kontroler, port pwm sebagai aktuator mengirim sinyal ke ESC dan Driver Motor. TEC dan Kipas sebagai plant. Output dari sistem ini adalah suhu yang diinginkan yaitu 20-24 °C.

3.3 Diagram Blok Liquid Cooling System



Gambar III - 3 Blok Diagram Liquid Cooling System.

Fungsi dari liquid cooling system ini yaitu untuk mendinginkan sisi panas yang dihasilkan dari TEC. Jika suhu pada sisi panas nya dapat di dinginkan dengan maksimal maka suhu pada sisi yg dingin akan lebih dingin (ΔT dari TEC).Cairan hangat dari waterblock di sedot oleh pompa untuk selanjutnya didinginkan menggunakan radiator dibantu oleh kipas. Kemudian air hasil pendinginan ditampung terlebih dahulu di reservoir tank kemudian selanjutnya dialirkan kembali ke waterblock

3.4 Desain Perangkat Keras

Pada perancangan kotak pendingin ini menggunakan dua kotak, dimensi ruang bagian dalam berukuran P x L x T 25cm x 16.5cm x 27cm dan untuk bagaian luar 52cm x 38cm x 35cm. Box berbahan dasar styrofoam yang sudah dilapisi dengan aluminium foil tape. Berikut gambar rancangan pertama alat ini

No	Hardware	Spesifikasi	Fungsi
1	TEC 1-12703	40x40x4.7mm 31 gram 68°C max ΔT	Sebagai pendingin untuk coolbox portable
2	Arduino uno	Chip Mikrokontroler Atmega328p Tegangan Operasi 5 V Digitak I/O pin 14 buah	Mikrokontroler sistem pendingin
3	ESC (Electronic Speed Control)	Wp-1060-BRUSHED Rev. Cont. / Puncak Arus: 30A/180A Rentang tegangan: 2-3 S 3 S Lipo atau 9 NiMH Ukuran 540 atau 550 Motor: $\geq 18T$ Atau RPM <20000 7.2 V	Mengatur arus pada peltier(TEC) untuk menghasilkan dingin yang diinginkan.

		BEC Output: 2A/5 V (Linear Mode) Frekuensi PWM: 1 KHz Dimensi: 36.5*32*18	
--	--	--	--

3.5 Software

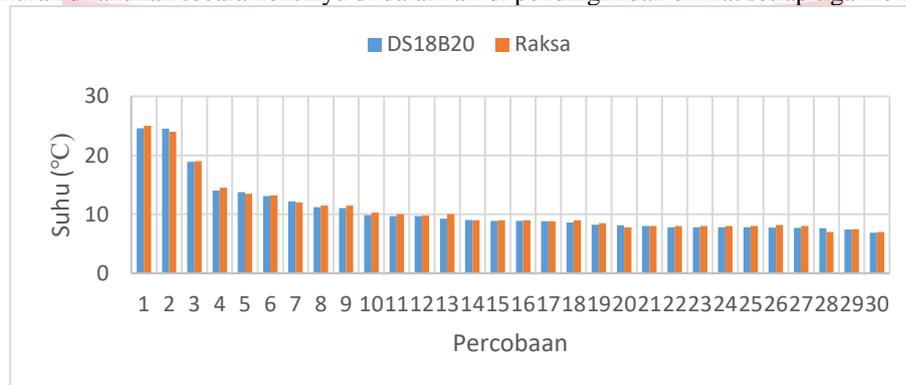
1. Sistem Operasi Windows 10 64 bit
2. Software Arduino IDE versi 1.8.9
3. MATLAB

4. Hasil dan Analisis

4.1 Kalibrasi Sensor DS18B20 Terhadap Termometer Raksa

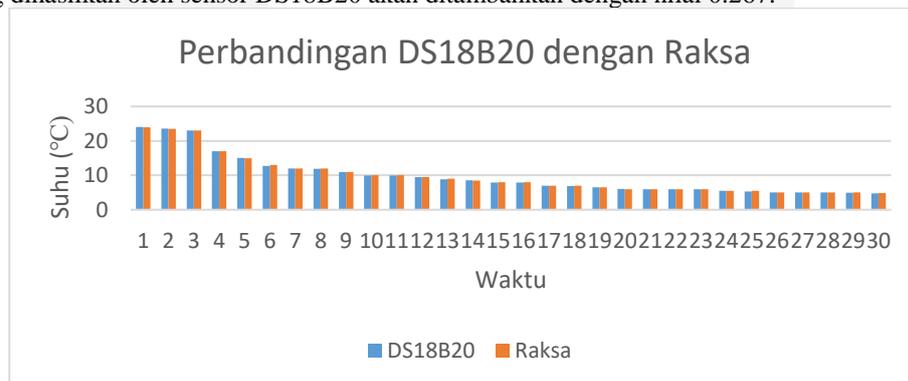
4.1.1 Skenario

Sensor DS18B20 adalah bagian penting dalam desain coolbox portable ini dan difungsikan untuk mendeteksi suhu objek dalam coolbox yang akan diolah datanya untuk di fuzzy kan. Kalibrasi sensor DS18B20 terhadap termometer alkohol dilakukan untuk mengetahui karakteristik sensor. Pengukuran dilakukan secara kontinyu di dalam air di pendingin dan dilihat setiap tiga menit sekali.



Gambar IV-1 Grafik Sensor DS18B20 Terhadap Termometer Raksa

Dari grafik diatas rata-rata nilai errornya adalah 0,267. Error atau tingkat kesalahan yang dihasilkan dalam perbandingan antara termometer raksa dengan sensor DS18B20 adalah ± 0.267 . Nilai yang dihasilkan oleh sensor DS18B20 akan selalu lebih kecil dibandingkan dengan termometer raksa. Maka untuk mendapatkan nilai yang diinginkan dalam perancangan perangkat lunak yang dihasilkan oleh sensor DS18B20 akan ditambahkan dengan nilai 0.267.



Gambar IV-2 Grafik kalibrasi Sensor DS18B20 Terhadap Termometer Raksa

4.1.2 Pengujian Akurasi dan Presisi Sensor DS18B20 Setelah Dikalibrasi

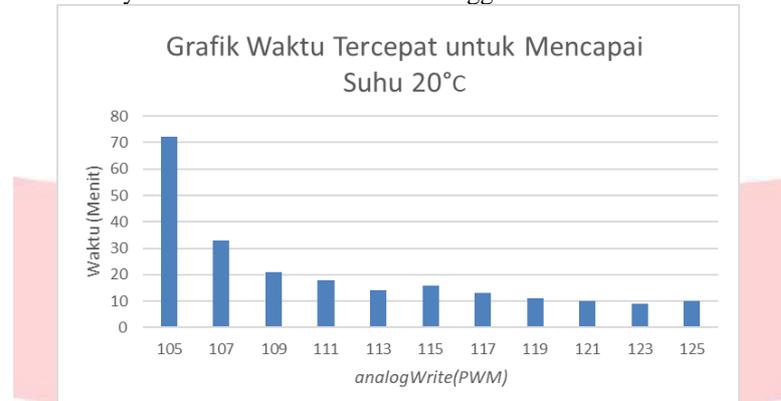
Hasil perhitungan diatas menunjukkan nilai akurasi sensor suhu DS18B20 mencapai = 97.692% yang menandakan pada pengujian ini sensor DS18B20 akurat. Memiliki nilai konstanta variansi sebesar 0.625303% yang menandakan pada pengujian ini presisi.

4.2 Pengujian ESC

Electric speed control(ESC) yang digunakan memiliki rentang pwm 105-125 dengan pwm 90 mode sleep. Pengujian dengan beban termoelektrik dengan membandingkan waktu yang efisien untuk mendinginkan sampai suhu 20 °C

4.2.1 Skenario

Electronic Speed Control(ESC) merupakan bagian terpenting dalam rancang sistem kendali suhu ini karena merupakan aktuator yang digunakan untuk mengatur voltase dan arus dengan memberikan sinyal PWM dari arduino atau menggunakan servo tester.



Gambar IV-3 Grafik waktu tercepat untuk mencapai suhu 20°C.

Tabel IV-1 Hasil pengujian ESC

<i>analogWrite (PWM)</i>	Waktu (Menit)	Kapasitas Baterai (Ah)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
105	72	8.7	4.7	7.6	35.72
107	33	4.2	5.8	9.6	55.68
109	21	3.8	6.57	12.23	80.35
111	18	3.39	7.68	12.56	96.46
113	14	2.99	8.13	13.1	106.5
115	16	4.14	8.97	14.83	133.03
117	13	3.13	9.32	16.53	154.06
119	11	3.02	9.95	17.9	178.11
121	10	3.94	11.12	18.48	205.5
123	9	2.84	11.54	19.84	228.95
125	10	3.23	12.45	21.32	265.43

Dari tabel terlihat bahwa PWM 105-109 tidak dapat dijadikan aturan karena pendinginan yang dibutuhkan hingga suhu 20C adalah 72-21 menit diatas batas minimum, batas minimum PWM terendah ditentukan pada 111 dan batas tertinggi nilai PWM adalah 125 karena masih dalam ambang maksimum kapasitas baterai.

Dari hasil pengujian didapat bahwa nilai yang dapat digunakan yaitu 90 untuk kondisi off, dan nilai tertinggi yaitu 120 untuk pendinginan yang cepat.

4.3 Pengujian Perbandingan Nilai Output antara Matlab dan Arduino

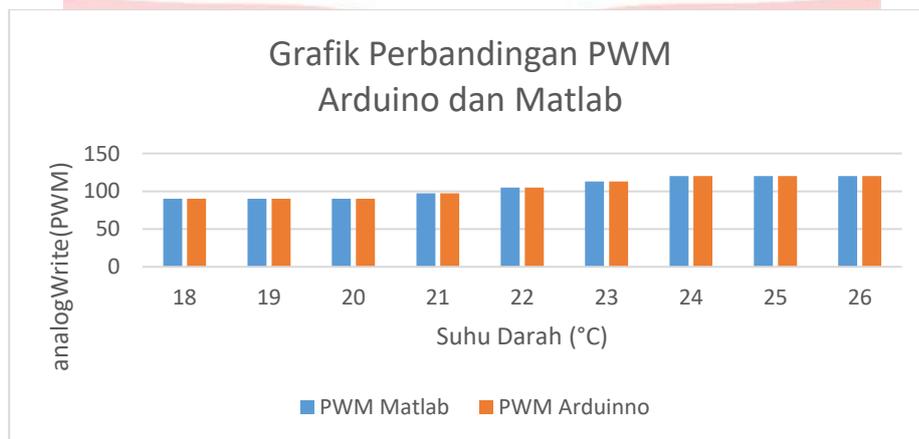
4.3.1 Skenario

Pengujian ini dilakukan untuk membuktikan hasil output yang diberikan apakah sesuai dengan rules dan pengolahan fuzzy yang telah dibuat. Pengujian ini juga ditujukan untuk membandingkan nilai output yang dihasilkan dari program dengan nilai dari software matlab.

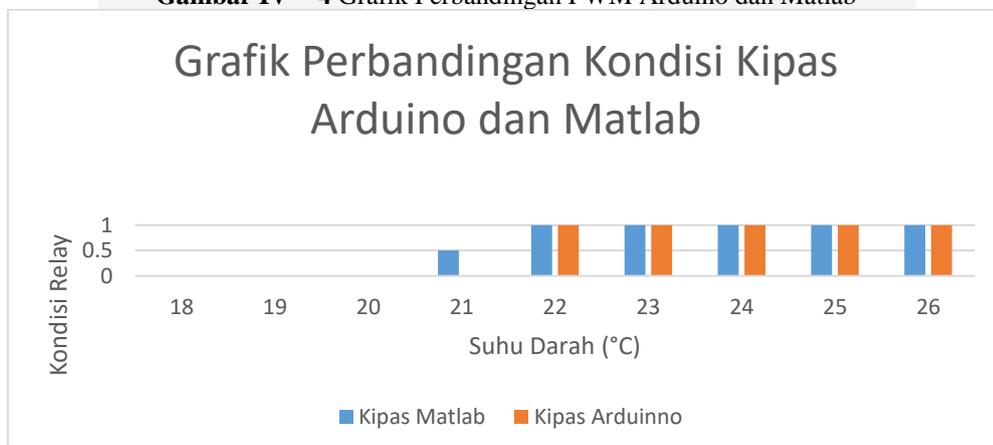
Tabel IV-2 Tabel Perbandingan Nilai output Antara Matlab dan Arduino

No	Suhu Darah (°C)	Matlab		Arduino	
		analogWrite (PWM)	Kondisi Kipas (1 = ON & 0 = OFF)	analogWrite (PWM)	Kondisi Kipas (1 = ON & 0 = OFF)
1	18	90	0	90	0
2	19	90	0	90	0
3	20	90	0	90	0
4	21	97.5	0.5	97.5	0
5	22	105	1	105	1
6	23	113	1	113	1
7	24	120	1	120	1
8	25	120	1	120	1
9	26	120	1	120	1

Berdasarkan pada tabel IV-2 dapat kita lihat bahwa nilai output yang dikeluarkan oleh simulasi matlab dan arduino memiliki hasil yang kurang lebih sama dan nilai yang dikeluarkan sesuai dengan fuzzy rules yang telah ditentukan pada awal perancangan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa program fuzzy logic control pada arduino sudah sesuai. Grafik perbandingan nilai anrta program pada arduino dengan simulasi matlab dapat dilihat pada gambar IV-6 dan IV-7.



Gambar IV - 4 Grafik Perbandingan PWM Arduino dan Matlab



Gambar IV - 5 Grafik Perbandingan Kipas Arduino dan Matlab

5. Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan simulasi yang telah dilakukan serta dianalisis dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai akurasi dari sensor DS18B20 adalah 97.692% dan nilai konstanta variansi sebesar 0.625303%.
2. Penggunaan Termoelektrik untuk pendinginan
3. Electronic Speed Control yang digunakan memiliki rentang yang kecil.
4. Suhu minimal yang tercapai dalam 1 jam adalah 10 °C.
5. Daya yang dibutuhkan untuk menggunakan coolbox portabel adalah 22,3 ampere hour dan 216,5 Watt hour.

Daftar Pustaka:

- [1] Julia Setyati, Ag. Soemantri . Semarang Januari 2010 “Transfusi Darah Yang Rasional seri 1” ISBN: 979136526-1
- [2] Abdul Hadi, “Whole Blood” <http://bapakpengertian.blogspot.co.id/2014/12/Pengertian-Whole-Blood-Adalah.html> [Diakses Desember 2014]
- [3] K.S.Suparsa, “RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL SUHU DAN KELEMBAPAN INKUBATOR BAYI DENGAN MODUL THERMOELECTRIC DAN METODE FUZZY LOGIC,” Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom, 2016
- [4] B. Abdillah “PENGARUH LAJU ALIRAN UDARA TERHADAP HAMBATAN TERMAL HEAT SINK FAN” Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom, 2017
- [5] DINA STEFANIA, (2018). PENGENDALIAN SUHU AIR DENGAN METODE FUZZY LOGIC DAN PI CONTROLLER (WATER TEMPERATURE CONTROL USING FUZZY LOGIC AND PI CONTROLLER). Telkom University.
- [6] Satriapujirawan, “Pelajari tentang Sensor Suhu DS18B20 dan bagaimana penyambungan alat tersebut sebagai input pada perangkat Raspberry Pi sebagai sensor suhu sebuah ruangan” <http://kl801.ilearning.me/2017/02/26/pelajari-tentang-suhu-ds18b20-dan-bagaimana-penyambungan-alat-tersebut-sebagai-input-pada-perangkat-raspberry-pi-sebagai-suhu-sebuah-ruangan/> [Diakses 26 Februari 2017]
- [7] MLX90615family”, https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/MLX90615_rev001.pdf Available : [Mei 2012]
- [8] H. Suhendri, “Arduino Uno” ,<http://belajar-dasar-pemrograman.blogspot.co.id/2013/03/arduino-uno.html> [Maret 2013]
- [9] S.Arduino, “Mengenal Arduino Software (IDE)” Available: <https://www.sinuarduino.com/artikel/mengenal-arduino-software-ide/> [Diakses 16 Maret 2016]
- [10] I.TARADIAS “ROBOT KESEIMBANGAN DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR MPU6050 DAN KONTROL PID BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA32” Available: <http://eprints.polsri.ac.id/3894/3/FILE%20III.pdf> Fakultas Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang 2016
- [11] Admin-Kece, “ Tutorial Arduino mengakses driver motor L298N” Available: <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-driver-motor-l298n/> [Diakses 27 agustus 2017]
- [12] LUTHFIA TRI HERFITRA, (2017). PERANCANGAN SMART TROLLEY MENGGUNAKAN SENSOR IMU (INERTIAL MEASUREMENT UNIT) BERBASIS FUZZY LOGIC. Telkom University.
- [13] Unknown, “Pengertian, Fungsi, Prinsip, dan Cara Kerja Relay” Available: <https://www.elangsakti.com/2013/03/pengertian-fungsi-prinsip-dan-cara.html> [Diakses 27 agustus 2017]