

# Pengkondisian Level dan Suhu Tangki Minuman pada *Eco Vending Machine*

Brigita Audhy Chairawati<sup>1</sup>, Bambang Priyadi<sup>2</sup>, Siswoko<sup>3</sup>

[Submission: 23-06-2021, Accepted: 31-07-2021]

**Abstract** — Vending machine were a machine that can dispense products for consumers automatically, one of the products is packaged drinks. With a vending machine, consumers can take advantage of the beverage refill system to reduce the use of plastic packaging. The beverage refill system used a tank as a container for beverage water to be sold, a cooler were needed to keep it fresh like bottle drinks on the market. And an indicator were needed the tank level to know availability stock level of beverage. By using arduino, temperature settings and indicators on the tank can be controlled. To cool the drinking water, need a peltier and dc dimmer. As for the level indicator using the transistor level sensor circuit BC548. The results of this study, a tank temperature conditioning system with a volume of 2 liters of water takes 145 minutes to cool the initial temperature of 27°C to 20°C of drinking water. As for the dc dimmer setting, 255pwm were needed for the Peltier to work optimally.

**Keywords:** Arduino Uno, Level, Peltier, Temperature, Vending Machine.

**Intisari** — Vending Machine adalah mesin yang dapat mengeluarkan produk untuk konsumen secara otomatis, salah satu produknya adalah minuman kemasan. Dengan vending machine konsumen dapat memanfaatkan sistem secara otomatis. Salah refill minuman untuk mengurangi penggunaan kemasan plastik. Pada sistem refill minuman menggunakan tangki sebagai wadah air minuman yang akan dijual, sehingga dibutuhkan pendingin agar tetap segar seperti minuman kemasan yang ada pada pasaran. Dibutuhkan indikator pada level tangki agar dapat mengetahui stok level air minuman yang tersedia. Dengan menggunakan arduino, pengaturan suhu dan indikator pada tangki dapat dikendalikan. Untuk mendinginkan air minuman, dibutuhkan peltier dan dimmer DC. Sedangkan untuk indikator level menggunakan rangkaian sensor level menggunakan rangkaian sensor level transistor BC548. Hasil dari penelitian ini sistem pengkondisian suhu tangki dengan volume air 2 liter dibutuhkan waktu 145 menit untuk mendinginkan suhu awal air minuman 27°C menjadi 20°C. Sedangkan untuk pengaturan dimmer DC dibutuhkan 255 PWM agar peltier dapat bekerja maksimal.

**Kata Kunci:** Arduino Uno, Level, Peltier, Suhu, Vending Machine.

## I. PENDAHULUAN

Minuman dibutuhkan untuk memenuhi cairan pada tubuh, karena pada tubuh manusia mengandung cairan sebanyak 60% [1]. Seiring berkembangnya teknologi industri, terciptalah inovasi untuk menciptakan variasi minuman, diantaranya yang

menjadi kesenangan masyarakat adalah teh, kopi, susu, minuman berperisa dan berkarbonasi. Tercatat oleh Kementerian Perindustri di Indonesia, bahwa pertumbuhan industri makanan dan minuman pada awal 2018 mengalami peningkatan 13.01% [2]. Hal ini menyebabkan Indonesia menjadi pendonor sampah plastik terbesar kedua setelah Tiongkok. Serta diketahui sebanyak 187,2 juta ton sampah plastik berakhir di lautan Indonesia[3].

Dilakukan perancangan alat “Vending Machine” penjual softdrink berbasis ATMEGA 8535 untuk memenuhi kesenangan masyarakat dalam minuman *softdrink* dan mempermudah para konsumen dalam membeli[4]. Namun, *softdrink* menghasilkan sampah kemasan plastik. Sehingga muncul pengembangan baru dengan *eco vending machine* berbasis arduino uno dan mega, dengan tujuan mengurangi sampah plastik dari minuman *softdrink*/kemasan. Melalui salah satu upaya 3R, *eco vending machine* memiliki fitur pengisian ulang (*refill*) minuman. Dengan adanya fitur ini, dapat mencegah bertambahnya sampah plastik sekali pakai. Dikarenakan, konsumen dapat membeli minuman dengan botol *reuseable*.

Penjualan yang tersedia pada mesin ini adalah penjualan botol *reuseable*, pengisian ulang (*refill*) minuman air dingin dan panas. Namun pada bagian ini, fokus pada penjualan *refill* minuman air dingin.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Thermistor NTC

Thermistor adalah salah satu jenis komponen yang mempunyai koefisien temperatur yang tinggi dengan akurasi terbaik ( $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ). Komponen ini dapat mengubah nilai resistansi karena adanya perubahan temperatur[5].

### B. Arduino Uno

Sebuah board yang menggunakan mikrokontroler Atmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM) 6 pin untuk input analog, sebuah 16MHz osilator kristal, port USB, konektor tegangan, header ICSP, dan sebuah tombol reset[5].

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Malang, Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang.  
e-mail: brigita.audhy@gmail.com

<sup>2,3</sup>Dosen Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Malang, Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang.  
e-mail: priyadi\_bebeng@yahoo.com, siswako@gmail.com



### C. Water Leveling

Rangkaian sensor ini dirancang untuk mendeteksi air, dengan komponen utama menggunakan transistor BC548. Transistor ini berperan sebagai konduktor yang menghubungkan antara air dan kaki basis dari Transistor BC548[6].

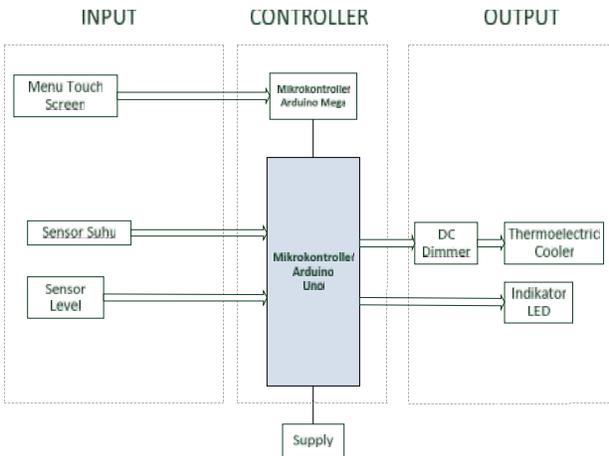
### D. Peltier/ Thermoelectric Cooler

Elemen peltier merupakan komponen termoelektrik yang dapat memompa panas dari satu sisi ke sisi lain sesuai dengan arah arus yang diberikan[7].

## III. METODE PENELITIAN

### A. Blok Diagram Sistem

Sistem yang dirancang terdiri dari rancangan mekanik, elektrik. Perancangan mekanik yaitu perancangan desain dari *eco vending machine*. Sedangkan untuk perancangan elektrik adalah merangkai sensor suhu NTC 10K, Transistor BC548, dc dimmer dengan peltier agar dapat terhubung dengan sistem kontrol arduino uno dan arduino mega. Berikut adalah blok diagram dari keseluruhan sistem :



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

### B. Prinsip Kerja

Tangki minuman pada *eco vending machine* harus terjaga pada suhu 20°C, agar minuman tetap segar dan dingin. Sehingga sistem ini akan bekerja untuk menjaga kondisi suhu air pada tangki. Dengan supply 12V 30A menuju DC dimmer, arduino uno akan mengontrol PWM. PWM ini akan menjadi sumber bagi peltier yang berfungsi untuk mendinginkan air tangki. Apabila suhu air pada tangki belum mencapai 20°C maka arduino akan mengatur DC dimmer pada 255 PWM. Hal Brigita Audhy Chairawati: Pengondisian Level dan Suhu...

ini berfungsi agar peltier berada pada tegangan optimal, sehingga dapat bekerja mendinginkan air pada tangki dengan baik.

Selain itu, sistem ini juga mengatur indikator level yang ada pada tangki minuman. Dengan rangkaian sensor level BC548, sensor akan mendeteksi air dan membuat rangkaian berada pada kondisi short circuit. Sehingga dapat mengirim sinyal menuju arduino uno untuk mengontrol lampu indikator “air tersedia” agar aktif. Sebaliknya, apabila air tidak terdeteksi oleh sensor rangkaian berada pada kondisi open circuit. Sehingga tidak ada sinyal yang dapat dikirim. Dengan kondisi ini arduino uno akan mengontrol lampu indikator “air tidak tersedia” untuk aktif.

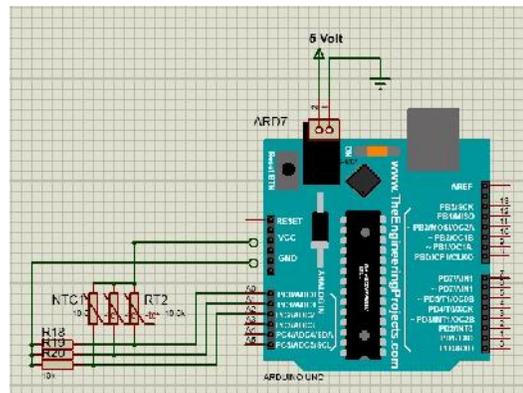
Dengan aktifnya indikator “air tersedia”, arduino uno akan mengirim sinyal tersebut menuju arduino mega melalui master-slave arduino. Sehingga, menu air minuman dingin pada TFT LCD yang dikontrol oleh arduino mega dapat dipesan oleh pembeli.

### C. Perancangan Elektronik

#### 1) Rangkaian Thermistor:

Pada rangkaian thermistor NTC 10K berfungsi untuk mendeteksi suhu air pada tangki minuman *eco vending machine*. Berdasarkan *datasheet Thermistor NTC 10K* didapatkan spesifikasi sebagai berikut:

*Thermistor* bersifat *water resistant*, sehingga dapat mengukur suhu pada air minuman. Rentang suhu yang dimiliki sensor *thermistor NTC (-55°C - 125 °C)* cukup untuk mendeteksi suhu air yang dibutuhkan yaitu 20°C. *Thermistor* peka terhadap perubahan yang kecil.

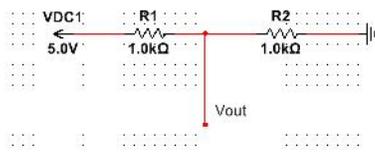


Gambar 2. Skematik Thermistor

Seperti pada gambar 3 merupakan rangkaian sensor suhu thermistor yang dihubungkan dengan arduino melalui pin analog (A0), pin analog arduino membaca tegangan antara 0V-5V. Dibutuhkan rangkaian pembagi tegangan agar perubahan resistansi pada thermistor dapat terbaca oleh



arduino. Rangkaian ini membutuhkan 2 resistor, sehingga dapat menghasilkan  $V_{out}$ .



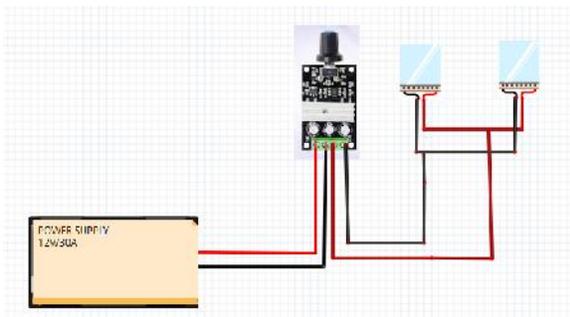
Gambar 3. Rangkaian Pembagi Tegangan pada *Thermistor*

2) Rangkaian DC Dimmer dan Peltier:

DC dimmer berfungsi untuk memberi supply dan mengonversi tegangan searah konstan menjadi tegangan searah yang dapat dikendalikan oleh sinyal kecil seperti PWM (Pulse Width Modulation).

DC dimmer dihubungkan dengan pin digital arduino uno (2,3,4) untuk mengontrol PWM sehingga tegangan inpu untuk peltier dapat maksimal. Power supply yang digunakan pada rangkaian ini adalah 12V 30A, dengan sistem pendingin menggunakan 3 buah DC dimmer. Setiap DC dimmer mengatur tegangan input dari 2 buah peltier.

Peltier dihubungkan secara seri. Karena berdasar penelitian sebelumnya oleh Meqorry Yusfi dkk pada tahun 2017[5], melakukan pengujian pemanfaatan dua elemen peltier. Dengan hasil berupa rangkaian seri pada peltier lebih cepat untuk mendinginkan objek.



Gambar 4. Skematik DC dimmer dan Peltier

3) Rangkaian Sensor Leveling:

Berpacu pada datasheet Atmega32 yang memiliki keperluan arus input arduino sekitar 1μA. Dapat menentukan jenis transistor yang akan digunakan, yaitu transistor BC548 yang memiliki  $I_c$  sebesar 100mA yang masih tergolong aman untuk digunakan pada arus input Atmega 32. Setelah menentukan tipe transistor yang digunakan, kami

menentukan resistor yang diperlukan pada basis transistor. Untuk mencari nilai Resistor basis adalah dengan persamaan (1)

$$R_b = \frac{V - V_{be}}{I_B} \quad (1)$$

Diketahui:

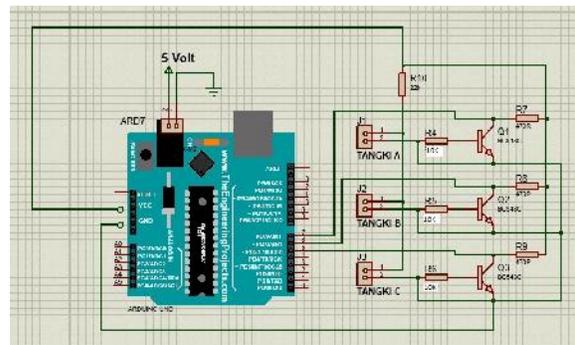
- $I_B = 0,5 \text{ mA}$ .
- $V_{cc} = 5 \text{ Volt}$
- $V_{be} = 0,7 \text{ Volt}$

Melalui (1) didapatkan perhitungan sebagai berikut:

Penyelesaian:

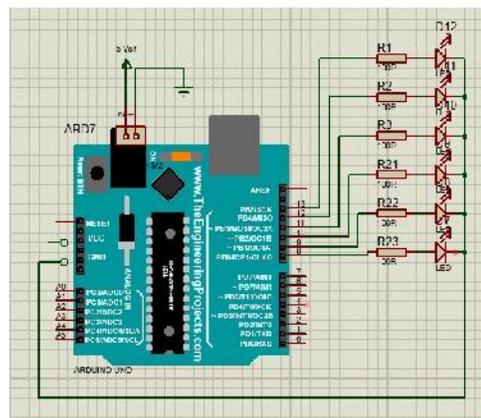
$$R_b = \frac{5 - 0,7}{0,5 \text{ m}} = 8,6 \text{ k}\Omega$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan, didapatkan nilai  $R_b$  (Resistor Basis) sebesar 8,6 k .



Gambar 5. Skematik Sensor Level dengan BC548

Pada pengaplikasiannya, resistor yang diberikan pada LED biru dan merah sama, yaitu 100 . Karena menyesuaikan resistor yang dijual pada pasaran.



<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Malang , Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang.  
 e-mail:brigita.audhy@gmail.com

<sup>2,3</sup>Dosen Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Malang , Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang.  
 e-mail:priyadi\_bebeng@yahoo.com,siswako@gmail.com

Gambar 6. Skematik Indikator

#### IV. HASIL DAN ANALISA

##### A. Pengujian Tegangan DC Dimmer dan Peltier

Pada pengujian bertujuan untuk mengetahui pengaruh PWM terhadap tegangan output DC dimmer serta pengaruh tegangan output DC dimmer yang berfungsi sebagai input peltier pada proses pendinginan pada tangki minuman.

TABEL I  
PENGUKURAN TEGANGAN DC DIMMER

PWM Dimmer DC	Tegangan (Volt)
25	1,38
50	2,75
75	4,04
100	5,27
125	6,46
150	7,68
175	8,9
200	10,08
225	11,16
250	12,26
255	12,49

Dari data tabel I, dapat dianalisa bahwa pengaruh PWM terhadap tegangan *output* dari *DC dimmer* adalah linear. Selanjutnya melakukan pengujian suhu air minuman pada tangki dengan tegangan *input* yang berbeda-beda (d disesuaikan dengan PWM pada *Dimmer DC*). Pengujian dilakukan selama 15 menit dengan suhu awal air minuman 25,19°C, dan volume air 2 Liter.

Dari tabel II, dapat dianalisa dari hasil pengujian, bahwa peltier dapat bekerja secara optimal pada tegangan 11,26 V sampai 12,49 V atau setara dengan PWM 225 sampai 255.

Brigita Audhy Chairawati: Pengkondisian Level dan Suhu...

Dengan hasil tersebut, *input 2* peltier menggunakan PWM 255 atau tegangan 12,49 V. Karena pada PWM tersebut perubahan suhu mengalami perubahan yang lebih besar yaitu 0,73°C selama 15 Menit.

TABEL III  
PENGUKURAN TEGANGAN DC DIMMER DAN SUHU AIR

Tegangan Input Peltier (Volt)	Suhu Air Minuman (°C)
1,38	25,19
2,75	25,19
4,04	25,19
5,27	25,19
6,46	25,19
7,68	25,19
8,9	25,19
10,08	25,19
11,16	24,83
12,26	24,79
12,49	24,46

##### B. Pengujian Water Level

Sistem water level berfungsi untuk mengetahui level air pada tangki minuman air dingin.

TABEL IIIII  
PENGUJIAN LAMPU INDIKATOR

Kondisi	Lampu indikator	Lampu Indikator
---------	-----------------	-----------------

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



9 772356 053009

	Air Tersedia	Air Habis
1 (High)	Hidup	Mati
0 (Low)	Mati	Hidup

Dari tabel III dapat dianalisa bahwa pada saat basis transistor mendeteksi air, maka transistor akan memberikan sinyal kondisi high pada arduino. Sehingga arduino akan memberikan sinyal kondisi high dari transistor menuju LED indikator “air tersedia”. Hal ini akan menyebabkan lampu indikator menyala. Begitu juga dengan sebaliknya, apabila basis transistor tidak mendeteksi air, maka pada rangkaian transistor BC548 (rangkaiannya water leveling) mengalami *open circuit*. Sehingga transistor akan memberikan kondisi low, yang menyebabkan lampu indikator “air habis” akan menyala dan indikator “air tersedia” akan mati.

### C. Pengujian Sensor Suhu Thermistor 10K

Pada pengujian ini melakukan perbandingan antara 3 macam jenis air yaitu air mineral, nutrisari dan Milo.

Tabel 4 merupakan pengujian pendinginan air mineral dengan volume 2 Liter yang dilakukan selama 145 Menit. Dengan suhu awal 27,05°C.

Dari data pada tabel IV, minuman air mineral memiliki *error* rata-rata sebesar 3,86%. Sehingga pengujian sensor suhu menggunakan *thermistor* cukup baik. Karena *error* rata-rata masih berada dibawah 5%. Sehingga tidak mengganggu sistem pembacaan dari sensor *thermistor*.

Kemudian pada tabel V, merupakan pengujian kedua pendinginan pada air Milo dengan volume 2 Liter yang dilakukan selama 145 Menit. Dengan suhu awal 27,16°C.

Dari data tabel V, pada minuman Milo memiliki *error* rata-rata sebesar 3,9%. Sehingga pengujian sensor suhu menggunakan *thermistor* cukup baik. Karena *error* rata-rata masih berada dibawah 5%. Sehingga tidak mengganggu sistem pembacaan dari sensor *thermistor*.

Terakhir, untuk pengujian air nutrisari dilakukan dengan suhu awal 27,10°C dan volume 2 Liter selama 145 Menit. Didapatkan hasil data pada Tabel VI.

TABEL IVV  
 HASIL DATA SUHU AIR MINERAL

Waktu (Menit)	Thermistor	Thermometer (°C)	Error
0	27,05	27,1	3,70%
5	26,04	26,1	3,90%
10	25,51	25,6	3,60%
15	25,42	25,5	4%
20	25,3	25,3	3,60%
25	25,13	25,2	4%
30	25,23	25,2	3,30%
35	25,04	25,1	3,60%
40	24,86	24,9	3,60%
45	24,55	24,7	4,40%
50	24,45	24,4	3,70%
55	24,2	24,3	3,50%
60	23,95	24	7,50%
65	23,67	23,7	4,10%
70	23,65	23,7	4,20%
75	23,55	23,6	3,40%
80	22,43	22,5	5,30%
85	22,45	22,5	4%
90	22,35	22,4	4%
95	21,98	22,4	4%

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Malang, Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang.  
 e-mail: brigita.audhy@gmail.com

<sup>2,3</sup>Dosen Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Malang, Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang.  
 e-mail: priyadi\_bebeng@yahoo.com, siswako@gmail.com



100	21,56	21,7	3,30%
105	20,87	20,9	3,80%
110	20,88	20,9	4,20%
115	20,5	20,5	4,60%
120	20,45	20,5	3,90%
125	20,35	20,2	4%
130	20,18	20,2	3,90%
135	19,88	20	3,40%
140	19,87	19,9	2,10%
145	19,94	19,9	1,20%
<i>error rata-rata</i>			3,86%

100	22,82	23,9	4,50%
105	22,33	23,6	5,30%
110	21,54	23,2	7,10%
115	21,29	22,7	6,20%
120	20,98	22,4	6,30%
125	20,67	22,2	6,80%
130	20,43	22	7,10%
135	20,11	21,6	6,80%
140	19,63	21,1	6,90%
145	20,05	21	4,50%
<i>error rata-rata</i>			3,90%

TABEL V  
HASIL DATA SUHU AIR MILO

Waktu (Menit)	Thermistor (°C)	Thermometer (°C)	Error
0	27,16	28,2	3,60%
5	26,34	27,3	3,50%
10	26,24	27,3	3,80%
15	26,14	27,2	3,80%
20	26,24	27	2,80%
25	26,14	26,8	2,40%
30	26,04	26,5	1,70%
35	25,75	26,3	2%
40	25,77	26,1	1,20%
45	25,43	26	2,10%
50	25,08	26	3,50%
55	24,84	25,7	3,30%
60	24,74	25,4	2,50%
65	24,39	25,1	2,80%
70	24,28	25	2,80%
75	24,15	24,9	3%
80	23,75	24,5	3%
85	23,59	24,3	2,90%
90	23,48	24,1	2,50%
95	23,58	24,1	2,10%

TABEL VI  
HASIL DATA SUHU AIR NUTRISARI

Waktu (Menit)	Thermistor (°C)	Thermometer (°C)	Error
0	27,1	28,1	3,50%
5	26,09	27,1	3,70%
10	25,52	26,8	4,70%
15	25,45	26,7	4,60%
20	25,3	26,4	4,10%
25	25,18	26,2	3,80%
30	25,1	26	3,40%
35	24,98	26	3,90%
40	24,75	25,8	4%
45	24,67	25,6	3,60%
50	24,42	25,4	3,80%
55	24,11	25	3,50%
60	23,86	24,9	4,10%
65	23,73	24,6	3,50%
70	23,68	24,6	3,70%
75	23,42	24,4	4%
80	22,67	23,6	3,90%
85	22,41	23,5	4,60%
90	22,25	23,4	4,90%



95	21,74	22,9	5%
100	21,25	22,5	5,50%
105	20,62	21,7	4,90%
110	20,8	21,8	4,50%
115	20,43	21,5	4,90%
120	20,17	21,3	5,30%
125	20,19	21,2	4,70%
130	20,12	21	4,10%
135	19,87	20,6	3,50%
140	19,33	20,3	4,70%
145	19,21	20,2	4,90%
error rata-rata			4%

Dari tabel VI, minuman nutrisari memiliki *error* rata-rata sebesar 4%. Sehingga pengujian sensor suhu menggunakan *thermistor* cukup baik. Karena *error* rata-rata masih berada dibawah 5%. Sehingga tidak mengganggu sistem pembacaan dari sensor *thermistor*.

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pada pengkondisian level dan suhu tangki minuman pada *eco vending machine*, maka dapat dibuat beberapa kesimpulan.

Pembacaan sensor suhu *thermistor* dengan thermometer digital menunjukkan bahwa pembacaan sensor suhu *thermistor* dapat dikatakan cukup baik, karena *error* rata-rata yang didapatkan masih dibawah 5%. Untuk mendinginkan 2 Liter air membutuhkan waktu 145menit dengan suhu awal sekitar 27°C hingga mencapai 20°C.

Menggunakan Indikator LED untuk mengetahui stock pada air minuman dingin yang dikendalikan oleh arduino uno. Dengan mendapatkan sinyal kondisi (High/Low) yang dikirim oleh rangkaian water level menggunakan Transistor BC548.

### B. Saran

Untuk melakukan pengembangan pada alat ini, dibutuhkan sebuah metode kontrol pada sistem pendinginan air minuman. Karena dibutuhkan waktu yang cukup lama (145 menit) untuk mendinginkan 2 Liter air. Dengan adanya metode kontrol pada

pendingin diharapkan proses pendinginan dapat dilakukan dengan rentang waktu yang lebih singkat.

Penambahan fitur pembayaran pada *eco vending machine*, sehingga pembeli dapat dipermudah dalam melakukan transaksi pembelian pada *eco vending machine*.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada dosen pembimbing saya yang sudah membimbing penyusunan laporan skripsi hingga jurnal. Semoga rahmat dilimpahkan selalu.

### REFERENSI

- [1] Irawan, M. Anwari. 2007. *Cairan Tubuh, Elektrolit & Mineral. Sports Science Brief. Vol.01. No.01.*
- [2] Kementerian Perindustrian. *Analisis Perkembangan Industri Edisi II-2018*
- [3] Kementerian Keuangan. *Bumi dalam Kantong Plastik dalam Media Keuangan Vol. XIV/No. 144 /SEPTEMBER 2019. Jakarta*
- [4] Dodi S. Adiputra, Yusmar Palapa W. dan Heri Subagiyo. *Mesin Penjual Sofidrink Otomatis Berbasis ATmega8535. Jurnal ELEMENTER. Vol. 1, No. 2, November 2015*
- [5] Syam, Rafiuddin. 2013. *Seri Buku Ajar Dasar-Dasar Teknik Sensor. Makassar : Fakultas Teknik Universitas Hasanudin.*
- [6] Puthut Kurniawan. *Prototype Sistem Deteksi Kebocoran Air dan Pengurusan Secara Otomatis pada Kapal berbasis Arduino Uno dan Labview, Jurnal Elektronik Tugas Akhir UMRAH 2017*
- [7] Meqorry Yusfi, Frima Gandi, Heru Sagito Palka. *Analisis Pemanfaatan Dua Elemen Peltier pada Pengontrolan Temperatur Air. Jurnal, Universitas Andalas. 2017*

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Malang, Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang.  
e-mail:brigita.audhy@gmail.com

<sup>2,3</sup>Dosen Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Malang, Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang.  
e-mail:priyadi\_bebeng@yahoo.com, siswako@gmail.com

