

RANCANG BANGUN MESIN ES KRIM PUTAR OTOMATIS MENGGUNAKAN MESIN PENDINGIN BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO

Indra Maulana^{1*}, Denny Irawan²,

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Gresik; Jl. Sumatera No. 101 Gkb Gresik; telp +6231 396 1414

Received: 12 Juli 2024

Accepted: 31 Juli 2024

Published: 7 Agustus 2024

Keywords:

Automatic Rotary Ice Cream
DS18B20 Temperature Sensor
AC Light Dimmer
Cooling Machine
Arduino

Correspondent Email:

indraayem@gmail.com

Abstrak. Es krim putar adalah makanan tradisional yang masih dibuat secara manual dengan tenaga manusia. Rancang bangun mesin es krim putar otomatis ini dirancang untuk mempermudah pekerjaan para pengusaha dalam membuat es krim putar secara otomatis berdasarkan perubahan suhu pada tabung adonan. Dipasaran memang sudah ada, tetapi masih belum ada yang menggunakan kontrol otomatis. Perbedaan dari mesin es krim putar yang ada dipasaran adalah komponen yang digunakan. Disini saya menggunakan mikrokontroler arduino sebagai pengontrol rangkaian otomatis dan komponen mesin pendingin yang dapat mendinginkan diarea luar tabung adonan sehingga tidak memerlukan es batu lagi. Untuk memprogram mesin pumutar es krim berbasis otomatis ini menggunakan beberapa komponen diantaranya arduino, ac light dimmer, sensor suhu DS18B20, lcd dan lain-lain. Hasil dari pembacaan sensor tersebut akan diproses melalui arduino dengan mempunyai output pada mesin pendingin dan motor. Untuk output motor, mesin akan mati ketika suhu di dalam tabung mencapai suhu -10°C , dan untuk mesin pendingin akan mati setiap suhu air luar tabung adonan mencapai -5°C dan akan menyala lagi setiap 5 menit.

Abstract. Rotary ice cream is a traditional food that is still made manually with human labor. The design of this automatic rotary ice cream machine is designed to facilitate the work of entrepreneurs in making rotary ice cream automatically based on changes in temperature in the dough tube. The market already exists, but there is still no one who uses automatic control. The difference from the rotary ice cream machine on the market is the components used. Here I use an Arduino microcontroller as an automatic circuit controller and a cooling machine component that can cool the outside area of the dough tube so that it does not require ice cubes anymore. To program this automatic-based ice cream pumutar machine using several components including arduino, ac light dimmer, ds18b20 temperature sensor, LCD and others. The results of the sensor readings will be processed through arduino by having outputs on the cooling machine and motor. For motor output, the machine will turn off when the temperature inside the tube reaches -10°C , and for the cooling machine it will turn off every time the water temperature outside the dough tube reaches -5°C and will turn on again every 5 minutes.

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, Penggunaan dari mesin pendingin semakin marak karena di indonesia memiliki iklim tropis (panas) sehingga

seseorang sangat membutuhkan makanan atau minuman yang dapat membantu menyegarkan tubuh. Salah satunya adalah es krim, yang

sangat populer dikalangan anak-anak, orang dewasa dan orang tua[1].

Es krim putar ialah ragam makanan semi padat yang dibuat memakai metode pembekuan tepung es krim ataupun melalui campuran susu lemak nabati ataupun hewani serta gula[2]. Bahan lain untuk membuat es krim tradisional ialah santan selain santan terdapat juga bahan lainnya semisal gula, tepung, kuning telur serta garam[3].

Namun pembuatan es krim putar dengan menggunakan tabung adonan masih banyak dipakai karena es krim tidak terdapat kristal esnya serta lebih lembut. Hasil adonan juga lebih homogen apabila dibandingkan terhadap pembuatan es krim yang langsung dimasukkan ke dalam freezer[4].

Dengan melihat kondisi waktu yang semakin hari semakin canggih penggunaan alat dituntut lebih praktis dalam hal penggunaannya guna memberikan kemudahan dan mempersingkat waktu dalam menyelesaikan pekerjaan. Selama ini pembuatan es krim tradisional diketahui menggunakan tenaga manusia[5]. Proses pembuatannya cukup memakan waktu yang harus memecahkan es batu, menaburi garam, dan memutar tabung adonan. Apabila hal ini dibiarkan orang yang membuat es krim akan lebih cepat mengalami kelelahan dan lebih parahnya mengalami cedera[6].

Oleh karena itu peneliti tertarik untuk membuat alat es krim putar yang pembuatannya tidak memerlukan es batu balok lagi dengan menggunakan sistem otomatis. Maka peneliti ini bertujuan untuk membuat alat mesin es krim otomatis dengan mesin pendingin. Mesin es krim putar otomatis ini akan mati dengan sendirinya ketika suhu sudah tercapai. Mesin es krim putar otomatis ini terdiri dari mikrokontroler arduino, sensor suhu DS18B20, AC Light Dimmer, LCD I2C dan Relay 2 Channel

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Arduino Uno

Arduino uno merupakan mikrokontroler yang berbasis Atmega328P, arduino uno difungsikan menjadi arena prototyping. Dengan menggunakan arduino uno lebih memudahkan untuk merangkai rangkaian elektronika

dibandingkan dengan merakit sendiri Atmega328P[7].

Arduino uno memiliki 6 output analog 16 MHz osilator kristal, 14 digital input dan output 6 pin PWM, jack 12 V, koneksi dengan usb serta tombol reset.

2.2 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 ialah sensor suhu yang digital yang dapat disambungkan ke mikrokontroler melalui antar muka 1-wire. Sensor DS18B20 melakukan komunikasi melalui satu jalur data bagi komunikasi serial dua arah dan memakai satu saluran yang telah khusus dirancang hanya guna melakukan penerimaan serta pengiriman data dari mikroprosesor. Sensor DS18B20 hanya mempunyai keluaran digital sehingga tidak perlu rangkaian ADC, keakuratan nilai kecepatan serta suhu pengukuran mempunyai kestabilannya yang jauh lebih baik dibandingkan dengan sensor suhu lainnya. Sensor suhu DS18B20 khusus dikemas yang tahan terhadap air[8].

2.3 Ac Light Dimmer

Ac Light Dimmer ialah modul elektronik yang dapat merubah ragam sinyal AC dikonversikan sebagai sinyal yang terpotong dengan demikian keluaran daya listrik dapat di atur. Ac Light Dimmer berfungsi menjadi peredup lampu, memperlambat putaran motor, memberikan pengaturan pemanasan serta lainnya. Melalui terdapatnya fitur pin zero crossing detector dimodul ini, mikrokontroler bisa memahami timing yang begitu sesuai guna mengatur sinyal PWM[9].

2.4 Modul Relay

Relay merupakan alat yang berperan menjadi pemutus arus kecil dan juga arus besar ataupun sebagai penghubung arus, relay beroperasi berdasarkan dari prinsip elektromagnetik sesudah inti besi menjadi magnet, angker besinya kemudian tertarik, kontak saklarnya terkoneksi serta arusnya mengalir. Relay terdiri dari sebuah kumparan dan kontak, yang mana kumparan adalah kawat yang melakukan penerimaan atas arus serta kontak ialah ragam sakelar yang mendapatkan pengaruh dari ada tidaknya arus di kumparan[10].

2.5 LCD 16x2 I2C

LCD (Liquid Crystal Display) merupakan ragam display elektronik yang terbuat lewat teknologi CMOS yang berfungsi memantulkan cahaya disekelilingnya. LCD 16x2 mempunyai 16 pin untuk kontrol. Maka dari itu ada modul I2C yang mempunyai 4 pin dan dihubungkan ke arduino. Dengan modul I2C, LCD 16x2 memakai 2 pin yakni input pin 5 (SCL) serta input pin 4 (SDA)[11].

2.6 Mesin Pendingin

Mesin yang mempunyai proses penyerapan sebuah zat dengan demikian suhunya ada di bawah suhu disekitarnya yang dikenal dengan sebutan refrigrasi. Refrigrasi yang biasa dikenal dengan sebutan mesin pendingin ialah tahapan memindahkan kalor dari suhunya yang rendah ke suhunya yang tinggi[12]. Adapun komponen-komponen utama mesin pendingin sebagai berikut:

2.6.1 Kompresor

Kompresor adalah pompa yang ditugaskan untuk mensirkulasikan zat refrigerant dan fungsinya adalah memproses refrigerant dari tekanan rendah ke tekanan tinggi dengan demikian timbul suhu dingin[13].

2.6.2 Kondensor

Kondensor merupakan alat pengubah panas sebagai pembuang kalor serta pengubah wujud refrigerant dari gas ke cair. Kondensor juga digunakan sebagai kondensasi refrigerant dari kompresor[14].

2.6.3 Pipa Kapiler

Pipa kapiler berfungsi sebagai mengatur aliran dari refrigerant menuju ke evaporator dan berfungsi untuk menurunkan tekanan dari refrigerant. Pipa kapiler mempunyai fungsi yang sangat vital. Refrigerant yang bertekanan sangat tinggi akan dilakukan penurunan sebelum melewati pipa dan diturunkan tekanannya. Ketika tekanan di refrigerant terjadi penurunan, di bagian itulah yang mengakibatkan suhu paling rendah ataupun dingin[15].

2.6.4 Evaporator

Evaporator adalah penyerapan panas dari benda atau udara yang terjadi di pada ruangan yang didinginkan. Kalor yang dibuang oleh

kondensor di dalam ruang yang tidak didinginkan, sehingga tekanan evaporator menjadi sangat rendah. Evaporator mempunyai fungsi kebalikannya dari kondensor. Evaporator tidak melakukan pembuangan udara panas, tetapi mengambil suhu panas di udara terdekatnya[16].

2.7 Refrigerant R32

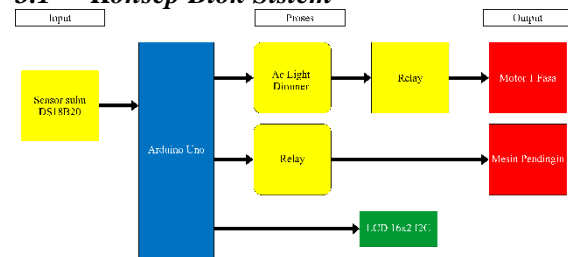
Refrigeran R32 adalah molekul refrigeran yang termasuk dalam keluarga hydrofluorocarbon (HFC). Senyawa R32, juga dikenal sebagai difluorometana, terdiri dari unsur karbon (C), hidrogen (H), dan fluor (F). Refrigeran ini memiliki nilai ODP 0 karena tidak mengandung klorin (Cl), tetapi masih memiliki GWP tinggi yaitu 675, menjadikannya refrigeran yang ramah lingkungan[17].

2.7 Motor Induksi 1 Fasa

Motor 1 fasa adalah motor yang bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik. Motor induksi juga merupakan mesin asinkron karena mesin ini berkecepatan masih dibawah sinkron. Motor induksi berputarnya dibawah kecepatan sinkron dikarenakan medan magnet yang mana ialah hasil dari stator menghasilkan fluks di rotor dengan demikian rotornya berputar[18].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Konsep Blok Sistem



Gambar 1. Konsep Blok Sistem

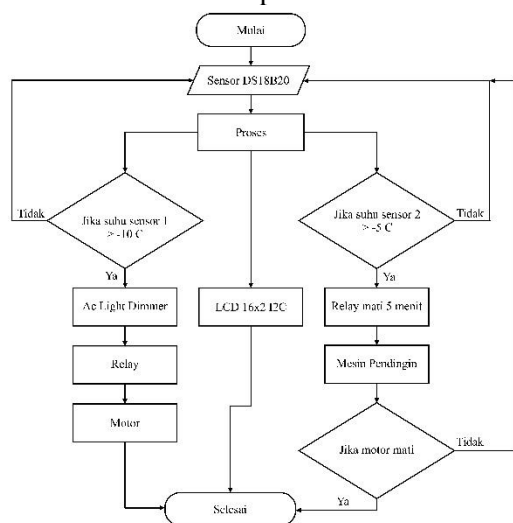
Gambar 1 menunjukkan konsep blok sistem yang digunakan pada penelitian guna menjelaskan kerja sistem dari mesin es krim putar otomatis. Proses sistem ini dimulai dari sensor suhu DS18B20 sebagai pengambil data suhu di dalam tabung adonan lalu data diterima oleh arduino guna menghasilkan program untuk mengatur proses. Selanjutnya ke AC Light Dimmer untuk mengatur kecepatan putaran motor pada tabung adonan dan relay untuk

mematikan mesin pendingin ketika suhu sudah tercapai.

3.2 Sistem Kerja Alat

Proses kerja alat ini dimulai saat alat dihubungkan ke sumber daya (PLN) dan menekan tombol di box hardware. Tahap pertama adalah mulai, pada tahap ini program akan menginisialisasi komponen-komponen yang dibutuhkan, seperti sensor suhu DS18B20, Ac Light Dimmer, Modul Relay. Setelah itu program akan membaca suhu dari sensor DS18B20. Kemudian akan dicek apakah sensor suhu 1 sudah mencapai batas yang ditentukan, jika suhu sudah di batas yang ditentukan yaitu -10°C . Jika ya, maka program akan mematikan motor induksi, motor akan menyala semakin cepat jika suhu semakin turun.

Untuk sensor suhu 2 jika suhu sudah mencapai batas yang ditentukan -5°C maka mesin pendingin akan mati selama 5 menit dan akan menyala lagi jika sudah 5 menit. Jika motor mati mesin pendingin akan ikut mati. Data suhu akan ditampilkan ke LCD. Flowchart sistem secara umum dapat dilihat di Gambar 2.

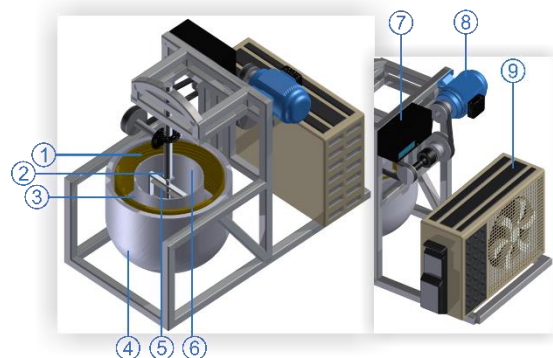


Gambar 2. Flowchat Sistem Kerja Alat

3.3 Rancangan Bentuk Alat

Tabung adonan sebagai penampung adonan es krim ini berdiameter 22 cm dan tinggi 50 cm yang mampu menampung sebanyak 15 liter adonan es krim, dan tabung luar berdiameter 50 cm tinggi 50 cm. Untuk detail mesin pendingin menggunakan kompresor 1PK, Refrigerant R32, pipa kapiler ukuran 0.31 panjang 1 meter, dan pipa ujung kapiler pada evaporator yang memutar tabung luar adonan berukuran $\frac{1}{4}$

panjang 5 meter, pipa tengah evaporator panjang 15 meter ukuran 5/16 dubel dan pipa hisap kompresor ukuran 5/16. Selanjutnya proses pembuatan es krim dengan menghidupkan tombol on pada box hardware lalu sensor suhu terletak di dalam tabung adonan dan luar tabung adonan sebagai pengukur suhu yang nantinya akan ditampilkan ke LCD secara keseluruhan dimensi alat bisa dilihat pada Gambar 3.



Keterangan:

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1. Pipa Evaporator | 6. Tabung Adonan Es Krim |
| 2. Sensor Suhu 1 | 7. Box Hardware |
| 3. Sensor Suhu 2 | 8. Motor Induksi |
| 4. Tabung Pengkristalan Air | 9. Mesin Pendingin |
| 5. Pengaduk Adonan Es Krim | |

Gambar 3. Rancangan Bentuk Alat

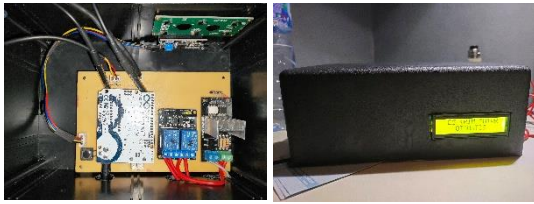
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Alat

Hasil dari perancangan mesin ini berupa mesin es krim putar otomatis dimana ketika sensor suhu 1 mendeteksi adanya penurunan suhu maka Arduino memerintahkan Ac Light Dimmer untuk mengatur kecepatan motor, dan jika suhu sudah di atas -10°C maka arduino memerintahkan relay untuk mematikan motor. Untuk sensor suhu 2 jika suhu mendeteksi -5°C maka motor akan mati selama 5 menit dan jika motor mati mesin pendingin juga akan mati. Data yang diambil dari sensor suhu 1 dan 2 akan tampil di LCD.

4.2 Box Hardware

Box hardware berdimensi 22 x 15 x 8 cm, terdapat sensor suhu DS18B20 2 biji untuk mengukur suhu tabung adonan dan tabung pengkristalan air, modul relay, AC light Dimmer LCD 16x2 I2c dan Arduino. Hasil dari pembacaan ini akan diolah oleh mikrokontroller Arduino untuk melakukan perintah sesuai perintah pemograman.



Gambar 4. Box Hardware

4.3 Hasil Pengamatan Pembuatan Es Krim

Alat yang digunakan untuk mengambil data suhu dalam tabung adonan adalah sensor suhu DS18B20 dan *Thermometer*. Pengambilan data dari tabung adonan ketika suhu di tabung pengkristalan air sudah mencapai 0°C Dengan rentang waktu 20 menit, 40 menit dan 1 jam.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tabung Adonan

Pengujian	Waktu	Terukur Sensor DS18B20	Terukur (Termometer)
Tabung Adonan	Awal	27°C	28.1°C
	20 Menit	10°C	11.4°C
	40 Menit	-5.8°C	-6°C
	1 Jam	-10°C	-9.8°C

4.4 Hasil Pengamatan Pengkristalan Air Luar Tabung Adonan

Pengambilan data dari tabung luar adonan menggunakan 2 alat yaitu sensor DS18B20 dan *Thermometer*. Dengan rentang waktu 30 menit, 1 jam dan 2.5 jam.

Tabel 2. Hasil Pengujian Pengkristalan Air

Pengujian	Waktu	Terukur Sensor DS18B20	Terukur (Termometer)
Tabung Pengkristalan Es Batu	Awal	28.1°C	27.9°C
	30 Menit	20°C	19.5°C
	1 jam	10.5°C	10.2°C
	2.5 Jam	-11.3°C	-11°C

4.5 Uji Keefektifan Alat Pembuat Es Krim Putar Lama

Uji keefektifan dari alat pembuat es krim putar yang lama akan dilakukan secara manual dengan menggunakan adonan 10 liter, varian rasa es krim vanilla dan di lakukan 1 kali percobaan. Setiap pembuatan es krim akan dilakukan penilaian terhadap hasil es krim yang dibuat dengan uji ke sukaan, untuk menguji aspek rasa dan tekstur es krim kepada 10 penguji.

Tabel 3. Uji Keefektifan Alat Pembuat Es krim Lama

Waktu	Tekstur		Rasa	
	Tidak Suka	Suka	Tidak Suka	Suka
3 Jam	4	6	1	9

4.6 Uji Keefektifan Mesin Baru

Uji keefektifan dari mesin es krim putar yang baru dilakukan secara otomatis ketika alat sudah dihubungkan ke daya dan menekan tombol on di box hardware. Tabung adonan akan memutar ketika suhu di tabung pengkristalan air sudah 0°C. Adonan yang dipakai sebanyak 10 liter dengan varian rasa Vanilla dan pengujian dilakukan 1 kali tetapi dengan suhu yang berbeda yaitu -5°C, -7°C dan -10°C. Setiap pembuatan es krim akan dilakukan uji coba kesukaan rasa dan tekstur es krim kepada 10 penguji.

Tabel 4. Uji Keefektifan Mesin Baru

Waktu	Tekstur		Rasa	
	Tidak Suka	Suka	Tidak Suka	Suka
20 Menit	6	4	2	8
40 Menit	1	9	0	10
1 Jam	3	7	1	9

Setelah dilakukannya pengambilan data, berikut adalah hasil dari es krim yang dibuat dengan rentang waktu 20 menit, 40 menit, dan 1 jam :

a. Hasil dari 20 menit



Gambar 5. Hasil Pengadukan 20 Menit

b. Hasil dari 40 menit



Gambar 6. Hasil Pengadukan 20 Menit

c. Hasil dari 1 jam



Gambar 7. Hasil Pengadukan 1 Jam

4.7 Keergonomisan

Alat pembuat es krim putar yang lama ketika mengangkat adonan dan tabung es otomatis otot pinggang, dan otot lengan juga harus bekerja lebih berat sehingga bisa menyebabkan cukup kesusahan, dan kurang nyaman bisa lebih fatal yaitu cedera. Kenyamanan dan kemudahan dalam membuat es krim kurang karena harus membuka dan menutup tutup adonan selain itu juga harus memutar tabung adonan selama 3 jam lebih, dan harus memecahkan es batu menaburi garam jika es di dalam tabung adonan luar sudah mencair, membutuhkan garam dan es batu yang banyak dan garam yang dipakai terbuang sia-sia. Mesin yang baru lebih aman, mudah, dan nyaman karena hanya perlu memasukkan tangki adonan ke dalam tangki luar. Pada pembuatanya pun hanya perlu mengisi air dan garam ke dalam tangki adonan pengkristalan air, selain itu juga air bekas dari pembuatan masih bisa dipakai lagi jadi tidak terbuang sia-sia. Mesin yang baru hanya perlu menunggu ketika es krim sudah jadi sesuai suhu

yang ditentukan, mesin akan otomatis mati dan tidak perlu untuk membuka tabung adonan karena sudah ada pengaduk di dalam tabung adonan. Tabung adonan akan memutar jika suhu di tabung pengkristalan air sudah 0°C.



Gambar 8. Mesin Es Krim Otomatis



Gambar 9. Mesin Es Krim Otomatis



Gambar 10. Mesin Es krim Manual

5. KESIMPULAN

Mesin es krim otomatis menggunakan mesin pendingin berhasil dibuat. Berikut spesifikasi dari mesin es krim otomatis:

1. Spesifikasi

- a. Refrigerant : R32
- b. Kompresor
- c. : 1PK
- d. Volume tabung adonan : 12 liter
- e. Kecepatan putaran : 300rpm
- f. Dimensi mesin : 130x140x70 cm
- g. Waktu pembuatan : 1 jam
- h. Bahan tabung : Stainless
- i. Bahan rangka : Besi
- j. Waktu pembekuan air : 2,5 jam
- k. Daya Mesin Pendingin : 1,9 A
- l. Motor : 1,5 A

2. Hasil dari es krim dengan -5.8°C adalah titik beku es krim yang paling disukai dari segi tekstur dan rasa.

3. Efisiensi waktu pembuatan lebih cepat dari mesin lama, dan tidak banyak membutuhkan garam yang begitu banyak untuk pembuatan es krim serta ketika membuat adonan lagi tidak perlu menunggu waktu yang lama karena tabung pengkristalan air sudah -11°C .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I Komang Gede Sugiarta, "Simulasi Panjang Pipa Kapiler Terhadap Kinerja Mesin Es Krim Goreng 1/2 PK," Politeknik Negeri Bali, Bali, 2022.
- [2] Nadya Husna, Choirul Amri, and Haryono, "Penggunaan Tudung Saji Insulator untuk Memperpanjang Masa Simpan Produk Es Krim," vol. 13, no. 1, pp. 1–5, Feb. 2021.
- [3] Agus Nurjaman and Zenal Abidin, "Analisis Mesin Pemutar Es Krim Dengan Sistem Control Timer," vol. 06, no. 01, Aug. 2019.
- [4] Ahmad Musyafa' Ghozali and Sunyoto, "Rancang Bangun Mesin Es krim Dengan Kontrol Suhu," *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 84–97, Apr. 2021, doi: 10.21831/dinamika.v6i1.38243.
- [5] Rahman, Marzuarman, and Zulkifli, "Analisa dan Rancang Bangun Mesin Es Krim Putar Otomatis Dengan Kecepatan Pemutaran Motor Berbasis Perubahan Temperatur," Dec. 2021.
- [6] Bimo Driantama Saputra, Erwin, and Didik Sugiyanto, "Rancang Bangun Mesin Pembuat Es Putar Kapasitas 10 Liter," *Jurnal Ilmiah Teknik, Teknologi Kelautan dan Energi Terbarukan Universitas Darma Persada*, vol. 1, 2023.
- [7] R. Rustamaji, S. D. A. Sandakila, and K. Sawitri, "Alat Peraga Elektronik Berbasis Arduino Dengan Keluaran Cahaya Dan Suara Untuk Pengenalan Warna Bagi Balita," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 2, Apr. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4231.
- [8] Taufik Hidayat, "Rancang Bangun Alat Untuk Mengukur Suhu, Kelembaban dan pH Tanah Sawah berbasis Web," UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG, 2018.
- [9] Rosida Amalia Nurul Qoyima, "Desain Sistem Inkubator Bayi Otomatis Dengan Metode Kontrol Fuzzy PID," Universitas Jember, Jember, 2020.
- [10] Herianto Tambun, "Rancang Bangun Kandang Ayam Pintar Menggunakan Arduino dan NodeMCU Dengan Sistem IoT," Universitas Medan Area, Medan, 2022.
- [11] M. Natsir, D. Bayu Rendra, and A. Derby Yudha Anggara, "Implementasi IOT Untuk Sistem Kendali AC Otomatis Pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya," vol. 6, no. 1, 2019, [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Products/Counterfeit>
- [12] Muhammad, A. Ackbar, I. Sujana, and M. Taufiqurrahman, "Rancang Bangun Alat Praktikum Mesin Pendingin Dengan Variasi Tekanan Kompresor," 2021.
- [13] M. Agil Syafutra and Sehat Abdi Saragih, "Pengaruh Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Unjuk Kerja Sistem Refrigerasi Dengan Fast Cooling," UNIVERSITAS ISLAM RIAU, PEKANBARU, 2019.
- [14] Silvilia Wahyu Kurnia Putri, "Pengaruh Waktu Penggunaan Kondensor Air Conditioning(AC) Dari Berbagai Tipe Terhadap Peningkatan Suhu Yang Dihasilkan," Universitas Jember, Jember, 2018.
- [15] Alaika Ghuftron Albari, "Analisis Kinerja Evaporator Pada AC Split 1 PK Dengan Refrigerant R-22 dan R-290," UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL, Tegal, 2020.
- [16] A. Fauzi, R. Valderama, A. Abdullah, and A. Ilmar Ramadhan, "Analisis Kinerja Evaporator Pada Vapors Compression Refrigeration System Menggunakan Refrigerant R410," 2022, doi: 10.24853/jurtek.14.1.127-138.
- [17] Bastian M Gaelogoy, Ishak Aryanto, and Disabella Dayera, "Analisis Sistem Pendingin Dengan Penambahan Pipa Kapiler Menggunakan Refrigeran R32," *Crank Shaft*, vol. 6, no. 3, 2023.
- [18] Mohammad Robith, "Prinsip Kerja Motor Induksi 1 Fasa,"