

Sistem Kendali Suhu Pada Proses Destilasi Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Pisang

Fahrizal Bahriawan^{1*}, Ari Murtono², Edi Sulistio Budi³

^{1,2,3}Politeknik Negeri Malang, Malang

*Fahrizal Bahriawan, email: fahrizal.bahriawan@gmail.com

Received: 28/11/2023

Revised: 03/12/2023

Accepted: 13/12/2023

Abstract. *Banana peels are quite a lot of organic waste. Most banana peels are only disposed of as organic waste and not many use them. The large amount of banana peels has an advantage if it can be used as a raw material for making bioethanol. Components in banana peels are carbohydrates where the content can be bound to become bioethanol. Bioethanol is ethanol or alcohol made from organic waste. Organic waste that can be used as bioethanol contains glucose, starch and cellulose fiber. Bioethanol is made by dissolving glucose assisted by microorganisms. The formula of the ethanol molecule is C_2H_5OH . In the distillation process there are 2 stages, namely the evaporation process and the condensation process. This system uses the Arduino Uno microcontroller and uses the Hysteresis control. The Hysteresis control is used to control the temperature, so that the temperature can be stable. The sensors used are the DS18B20 sensor as a temperature control parameter and the MQ-3 sensor as an alcohol control parameter. In the On Off control test, the temperature is controlled at $75^{\circ}C$ - $80^{\circ}C$ with an overshoot level of $81^{\circ}C$ and takes 17 minutes to reach the setpoint and the results are optimal.*

Keywords: *Distillation, Banana peels, On Off Control*

Abstrak. Kulit pisang merupakan limbah organik yang cukup banyak. Kebanyakan kulit pisang hanya dibuang sebagai limbah organik saja dan masih belum banyak yang memanfaatkannya. Jumlah kulit pisang yang banyak memiliki keuntungan apabila bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Komponen pada kulit pisang berupa karbohidrat dimana kandungan itu dapat dikonversikan menjadi bioetanol. Bioetanol adalah etanol atau alkohol yang terbuat dari limbah organik. Limbah organik yang bisa dijadikan bioetanol mengandung glukosa, pati, dan serat selulosa. Bioetanol dibuat dengan cara fermentasi glukosa yang dibantu dengan mikroorganisme. Dalam proses destilasi terdapat 2 tahapan yaitu proses penguapan dan proses kondensasi. Pada sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino uno dan menggunakan kontrol Histeresis. Kontrol Histeresis digunakan untuk mengontrol suhu, agar suhu bisa stabil. Sensor yang digunakan yaitu sensor DS18B20 sebagai parameter pengontrol suhu dan sensor MQ-3 sebagai parameter pengontrol alkohol. Pada pengujian kontrol On Off mengontrol suhu pada $75^{\circ}C$ - $80^{\circ}C$ dengan tingkat overshoot mencapai $81^{\circ}C$ dan membutuhkan waktu 17 menit untuk mencapai setpoint dan hasil sudah optimal.

Kata Kunci: Destilasi, Kulit pisang, Kontrol On Off

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini pemakaian bahan bakar minyak bumi sangat tinggi. Hal tersebut dapat mengakibatkan minyak bumi menipis di masa depan. Maka, untuk mengatasi hal tersebut diperlukan bahan bakar alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak bumi.

Bioetanol adalah etanol atau alkohol yang terbuat dari limbah organik. Limbah organik yang

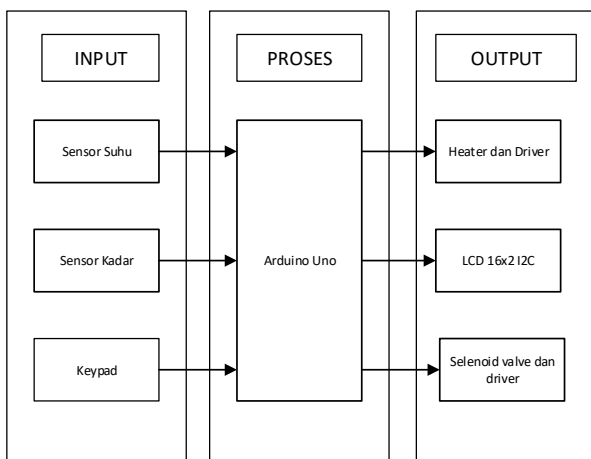
bisa dijadikan bioetanol mengandung glukosa, pati, dan serat selulosa. Bioetanol dibuat dengan cara fermentasi glukosa yang dibantu dengan mikroorganisme [1]. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan destilasi pada suhu $75 - 80^{\circ}C$ sehingga menghasilkan etanol yang memiliki kadar alkohol yang tinggi dan sedikit kadar air. Rumus dari molekul etanol adalah C_2H_5OH [2]. Saat ini bioetanol banyak dipakai sebagai disinfektan, campuran parfum dan obat pembersih luka.

Kulit pisang merupakan limbah organik yang cukup banyak. Kebanyakan kulit pisang hanya dibuang sebagai limbah organik saja dan masih belum banyak yang memanfaatkannya [3]. Jumlah kulit pisang yang sangat banyak memiliki keuntungan apabila bisa digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan bioetanol. Komponen pada kulit pisang berupa karbohidrat dimana kandungan itu dapat dikonversikan menjadi bioethanol. Adapun kandungan di kulit pisang antara lain air, karbohidrat, lemak, protein, kalsium, fosfor, besi, vitamin B6 serta vitamin B12 [2].

Proses destilasi pada alat ini menggunakan Arduino UNO sebagai mikrokontroler dan menggunakan metode kontrol On Off. Kontrol On Off digunakan untuk mengatur heater agar menstabilkan suhu proses destilasi. Pada Sistem ini menggunakan sensor DS18B20 sebagai parameter pengontrol suhu dan aktuator yang dikendalikan yaitu heater. Untuk sensor MQ-3 sebagai parameter pengontrol alkohol dan aktuator yang dikendalikan yaitu solenoid valve.

II. METODOLOGI

Dalam gambar 1 dapat terlihat blok diagram sistem. Blok diagram sistem digunakan agar mempermudah pemahaman dari cara kerja alat yang dibuat.

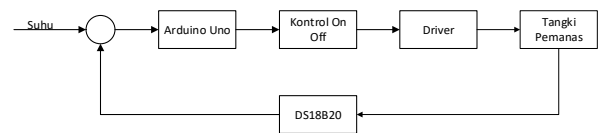


Gambar 1. Blok diagram sistem

Pada diagram blok pada Gambar 1, menjelaskan bahwa otak dari penelitian alat ini berupa Arduino UNO dimana pada bagian input menggunakan sensor DS18B20 dan sensor MQ-3 yang bakal dikalibrasi terlebih dahulu hingga error pada sensor

akan kecil dengan menggunakan alat sebagai pembanding dalam proses kalibrasi. Data sensor sensor tersebut nantinya akan tertampil pada layer lcd. Sensor DS18B20 digunakan sebagai feedback untuk mengkontrol suhu pada panci sehingga cairan dalam panci akan stabil pada suhu setpoint, untuk sensor MQ-3 digunakan untuk membaca kadar alkohol yang keluar pada wadah hasil. Pada penelitian ini menggunakan kendali On Off yang diprogram melalui Arduino UNO dan nantinya akan mengontrol heater sesuai dengan pembacaan input sensor yang diberikan.

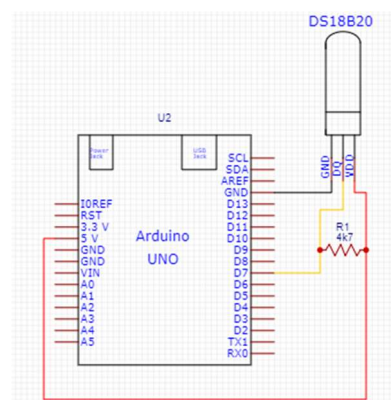
A. Diagram Kontrol On Off



Gambar 2. Blok diagram kontrol On Off

Pada gambar 2 merupakan diagram blok system tentang kendali On Off dengan output berupa panas pada heater. Pertama sensor DS18B20 mendeteksi suhu kemudian data akan diolah oleh mikrokontroler Arduino UNO selanjutnya data akan diproses lagi menggunakan kontrol On Off dan selanjutnya data akan dikirim ke Driver untuk mengontrol tegangan yang masuk pada heater. Suhu didalam panci akan terbaca oleh sensor DS18B20 secara berulang untuk menstabilkan suhu dalam panci.

B. Perancangan Sensor Suhu



Gambar 3. Perancangan sensor suhu

Ada berbagai macam sensor yang dapat dipilih di pasaran. Dari kebanyakan sensor memiliki

spesifikasi dan range suhu yang berbeda beda. Seperti PTC yang memiliki range suhu ratusan derajat Celsius dan thermocouple yang memiliki suhu range suhu sampai ribuan derajat Celsius. Sensor-sensor suhu tersebut tidak cocok jika digunakan pada sistem yang akan dibuat karena sensor suhu tersebut memiliki range suhu terlalu besar. Selain sensor suhu yang sudah disebutkan tadi, ada juga tipe sensor suhu terbaru yang bisa digunakan untuk keperluan di sistem ini. Pada sistem yang akan dibuat ini akan dirancang menggunakan sensor suhu DS18B20 dan sensor tersebut sudah memiliki spesifikasi water proof [4]. Sensor DS18B20 mempunyai range -55°C sampai 125°C dan output dari DS18B20 yaitu 9 bit sampai 12 bit output data digital [5].

Proses mengakses data suhu dari sensor suhu, dapat menggunakan antarmuka One-Wire. Sensor mengirimkan data suhu secara serial melalui satu kabel tunggal, yaitu DQ. Arduino dapat mengirim perintah ke sensor untuk memulai pengukuran suhu, dan sensor akan membalas dengan data suhu dengan sinyal digital. Proses pengolahan sinyal dari sensor DS18B20 hingga menjadi data suhu melibatkan komunikasi serial data yang diterima oleh Arduino. Berikut merupakan perhitungan dari R pull dari sensor DS18B20

Persamaan dari R pull adalah sebagai berikut.

$$R_{pull} = \frac{V_{CC} - V_{drop}}{I_{pull}} \quad (1)$$
$$R_{pull} = \frac{5V - 0.7}{\frac{0.001}{4.3}}$$
$$R_{pull} = \frac{0.001}{4.3}$$
$$R_{pull} = 4K3$$

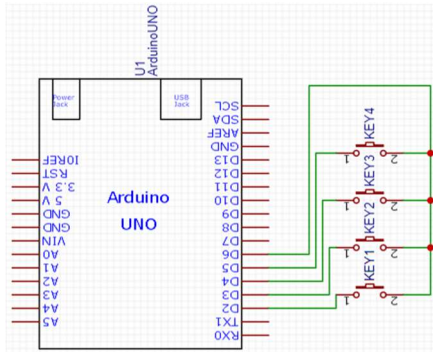
C. Perancangan Sensor Kadar

Sensor kadar yang digunakan di sistem ini menggunakan sensor MQ-3, sensor MQ-3 ini digunakan untuk mendeteksi kadar alkohol di wadah hasil. Sebelumnya terdapat sensor alkohol yang lain yaitu sensor TGS2620, untuk sensor TGS2620 memiliki sensitifitas yang sama, tapi sensor ini tergolong mahal jadi di sistem ini menggunakan sensor MQ-3 untuk mendeteksi kadar alkohol pada wadah hasil.

Proses sensor alkohol ini didasarkan pada perubahan resistansi pada elemen pemanas dalam respons terhadap alkohol yang ada di sekitarnya [6]. Sensor ini memiliki elemen pemanas yang dipanaskan saat diberi tegangan. Ketika udara mengandung alkohol, molekul alkohol akan berinteraksi dengan elemen pemanas, menyebabkan perubahan resistansi. Semakin tinggi konsentrasi alkohol dalam udara, semakin besar perubahan resistansi. Perubahan resistansi ini kemudian akan dibaca oleh sensor sebagai keluaran analog dan kemudian data akan dibaca dan dikonversikan oleh mikrokontroler menjadi sinyal digital. Sinyal digital yang diperoleh dari mikrokontroler kemudian dimapping menjadi bentuk persen. Mentransformasikan sinyal analog menjadi nilai yang merupakan perbandingan proporsional terhadap sinyal input dan tegangan referensi. Misalnya, jika tegangan referensinya 5V [7], tegangan input adalah 2,5 volt, rasio input terhadap referensi adalah 50%. Oleh karena itu, ADC 10-bit dengan skala maksimum 1023, akan menerima sinyal digital $50\% \times 1023 = 511$ sinyal digital (bentuk desimal) atau 0001 1111 1111 (bentuk biner). Sensor ini dapat mendeteksi keberadaan gas alkohol pada konsentrasi 0.05 mg/L hingga 10mg/L. Bahan sensitif pada sensor ini adalah SnO_2 , yang memiliki konduktivitas rendah di udara yang bersih [8]. Sensor gas alkohol MQ-3 digunakan dengan efektif untuk mengukur langsung konsentrasi alkohol. Untuk mengoperasikan sensor MQ-3, diperlukan satu resistor variabel Hasil keluaran dari sensor MQ-3 berupa tegangan analog yang berbanding lurus dengan jumlah alkohol yang terdeteksi. Sensor ini menggunakan ADC yang mampu merespon tegangan 0 volt hingga 5 volt. Nilai resistansi yang dipasang pada sensor MQ-3 untuk berbagai jenis dan konsentrasi gas dipasang di dalam udara bersih, sehingga pada saat menggunakan perlu disesuaikan. Sensor ini bisa mendeteksi keberadaan gas alkohol pada konsentrasi 0.05 mg/L sampai 10mg/L. Bahan sensitif pada sensor ini adalah SnO_2 yang memiliki konduktivitas rendah di udara bersih. Ini harus dikalibrasi untuk konsentrasi alkohol sebesar 0,4

mg/L(sekitar 200 ppm)dan pada resistansi output sekitar 200 K Ω (100K Ω hingga 470K Ω) [9].

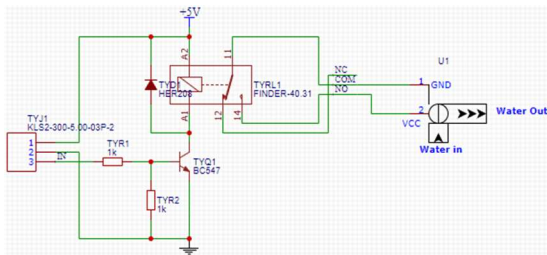
D. Perancangan Keypad 1x4



Gambar 4. Perancangan keypad 1x4

Penggunaan keypad 1x4 pada sistem ini berfungsi untuk memasukan nilai setpoint kadar alkohol. Keypad 1x4 ini memiliki 1 baris dan 4 kolom serta memiliki 5 pinout yang dapat disambungkan ke Arduino.

E. Perancangan Solenoid Valve dan Driver



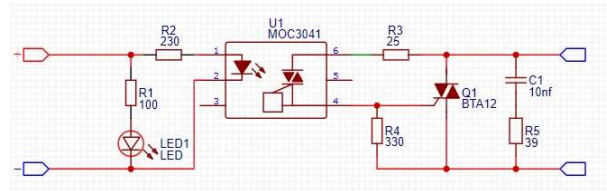
Gambar 5. Perancangan solenoid valve dan driver

Penggunaan selenoid valve pada sistem ini berfungsi untuk membuka dan menutup saluran pada wadah hasil, jika wadah hasil sudah sesuai dengan setpoint kadar yang sudah diinputkan, maka solenoid valve akan menutup.

Untuk driver menggunakan relay sebagai switch untuk solenoid valve. Relay adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengendalikan arus listrik dengan menggunakan sinyal listrik. Prinsip kerja relay didasarkan pada konsep elektromagnetik, dimana medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik digunakan untuk mengubah posisi mekanis atau kontak elektrik dalam relay. Besar arus kerja dari relay yaitu 70mA sementara output arus dari pin GPIO Arduino sebesar 40mA. Maka dibutuhkan jembatan untuk

menjembatani dari Arduino ke relay, dengan menggunakan transistor.

F. Perancangan Heater dan Driver



Gambar 6. Perancangan heater dan driver

Pada rangkaian heater dan driver ini menggunakan rangkaian Zero Crossing yang terdapat pada komponen IC MOC3041. IC MOC3041 berfungsi mendeteksi gelombang sinus pada tegangan AC 220V saat melewati titik tegangan nol. Sebaliknya, titik nol digunakan sebagai acuan dan sebagai nilai awal nilai waktu tunda yang memicu pengaktifan TRIAC. TRIAC merupakan komponen semikonduktor yang berfungsi sebagai pengatur tegangan bolak balik [5]. Rangkaian driver ini bertindak sebagai kontak tegangan DC ke tegangan AC. Prinsip kerja dari driver ini menggunakan fungsi MOC3041 yaitu, ketika MOC3041 menerima tegangan dari mikrokontroler menjadi saturasi sehingga dapat menghidupkan TRIAC dengan kontak AC. Jika MOC3041 tidak menerima tegangan TRIAC maka TRIAC akan mati karena gate tidak menerima tegangan dari MOC3041.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor Suhu

Pengujian sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan cara membandingkan data sensor yang ditampilkan pada LCD dengan pembacaan pada alat ukur termometer. Tujuannya adalah untuk mengetahui pembacaan error sensor DS18B20 dengan menggunakan alat ukur termometer.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor DS18B20

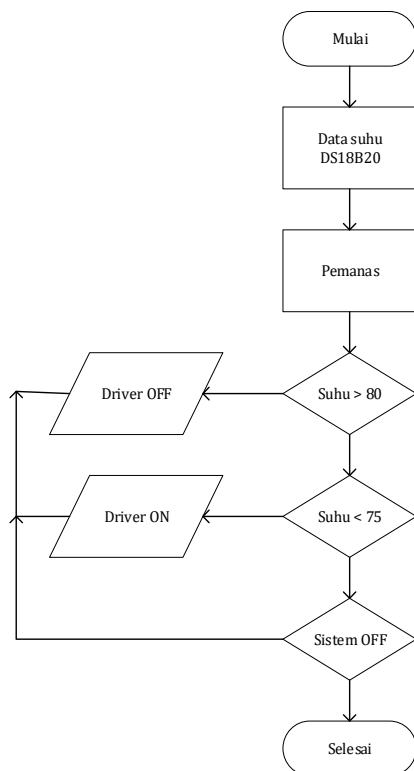
Termometer	DS18B20	Error(%)
38,1	39	2,36
44,2	48	8,59
47,5	51	7,36
51,7	52,88	2,28
52,9	53,25	0,66
53,7	53,5	0,37

53,9	53,69	0,38
53,9	53,44	0,85
53,8	53,3	0,92
53,6	53,66	0,1

Hasil pengujian sensor suhu DS18B20 dan mikrokontroler Arduino UNO pada Tabel 1 menunjukkan terdapat perbedaan error yang kecil sebesar 2,39% antara sensor dan alat pengukur thermometer. Kesalahan ini berada dalam kisaran yang dapat diterima, sehingga pembacaan sensor DS18B20 tidak berubah.

G. Perancangan Kontrol On Off

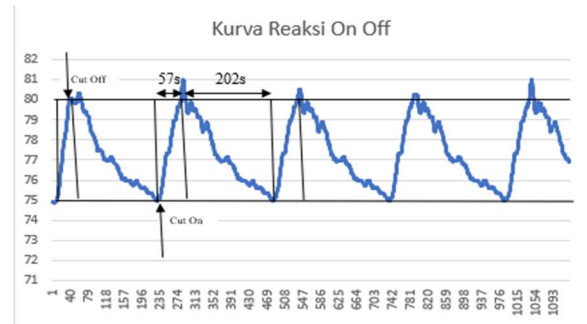
Kontrol On Off ini dirancang dengan membuat sebuah pita histeresis disekitar setpoint. Setpoint pada alat ini yaitu dengan batas atas 80°C dan batas bawah 75°C. Kendali histeresis dijalankan melalui mikrokontroler dalam bentuk program dan direalisasikan pada driver ac sebagai on off sistem. Pengujian ini dilakukan untuk melihat grafik respon sistem pada kendali On Off



Gambar 7. Flowchart kontrol On Off

Cara kerja dari alat ini yaitu sensor DS18B20 akan membaca suhu pada tangki pemanas dimana

suhu yang sudah terbaca akan mengendalikan driver ac. Pada kendali ini jika sensor suhu mendeteksi dibawah 75°C maka driver akan ON, kemudian jika sensor suhu mendeteksi diatas 80°C maka driver akan OFF.



Gambar 8. Kurva reaksi On Off

Kontrol dua posisi atau kontrol On-Off. Dalam sistem ini, elemen penggerak memiliki dua posisi tetap, dalam banyak kasus adalah hidup dan mati. Kontrol On-Off adalah relatif sederhana, karena banyak digunakan. Sinyal keluaran dari pengontrol menjadi $u(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak menjadi $e(t)$. Dalam kendali dua posisi, sinyal $u(t)$ tetap berada pada nilai maksimum dan minimum, tergantung pada apakah sinyal bergerak positif atau negative, sehingga

$$\begin{aligned} u(t) &= U1, \text{ untuk } e(t) \geq 0 \\ u(t) &= U2, \text{ untuk } e(t) < 0 \end{aligned} \quad (2)$$

dimana $U1$ dan $U2$ adalah konstan. Nilai minimum $U2$ biasanya nol atau $-U1$ [10].

Kenaikan suhu dari 75°C sampai dengan 80°C membutuhkan waktu selama 113 detik dan untuk penurunan suhu dari 80°C sampai 75°C membutuhkan waktu selama 294 detik.

B. Pengujian Sensor Kadar

Pengujian sensor kadar MQ-3 ini dilakukan untuk mengetahui kadar alkohol yang ada pada hasil keluaran alkohol. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data sensor MQ-3 yang tertampil di LCD dengan alat ukur alkohol meter. Pada tabel dibawah ini dapat dilihat perbandingan pembacaan sensor MQ-3 dengan alat ukur alkohol meter.

Tabel 2. Hasil pengujian sensor kadar

Alkohol Meter	MQ-3	Error
20%	20%	0
30%	29%	3,3
40%	39%	2,5
50%	50%	0
60%	61%	1,6
70%	70%	0

Pada tabel 2 proses kalibrasi sensor MQ-3 dengan alat ukur alkohol meter. Proses kalibrasi didapat error sebesar 1,2%.

C. Pengujian Solenoid Valve dan Driver

Pengujian solenoid valve dan driver ini dilakukan untuk mengetahui apakah buka tutup saluran pada keluaran alkohol dapat bekerja dengan baik. Hasil dari pengujian solenoid valve dan driver sudah berhasil dilakukan, ketika driver relay diberi perintah HIGH pada program driver relay akan menyala dan solenoid valve akan terbuka dan jika driver relay diberi perintah LOW pada program akan mati dan solenoid valve akan tertutup kembali.

Tabel 3. Hasil pengujian solenoid valve dan driver

Relay	Solenoid Valve
HIGH	Terbuka
LOW	Tertutup

Pada tabel 3 menunjukkan pengujian driver relay dan solenoid valve sudah berhasil dilakukan dan tidak terjadi error.

D. Pengujian Driver AC

Pengujian Driver AC dengan beban heater 220 VAC 1800 watt, Driver AC digunakan untuk mengontrol panas dari heater. Dengan memanfaatkan suatu masukan dengan arus 15mA untuk menghidupkan LED pada MOC3041, selanjutnya LED akan mengaktifkan triac, sehingga triac terpicu kemudian heater teraliri listrik. Pengujian dilakukan dengan mengubah nilai PWM dari mikrokontroler Arduino Uno yang dimulai dari nilai PWM = 0 sampai PWM = 255 dan heater diberi tegangan sebesar 220VAC.

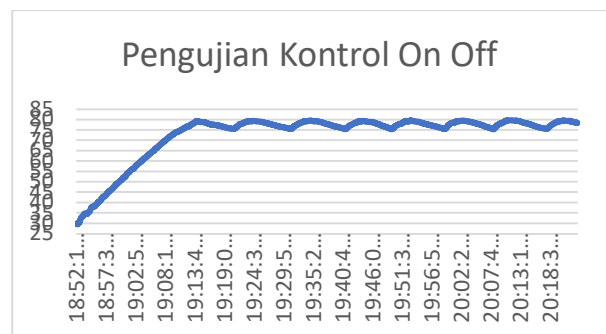
Tabel 4. Hasil pengujian driver AC

PWM	VAC	
0 (0%)	34	
64 (25%)	79	
128 (50%)	136	
192 (75%)	197	
255 (100%)	218	

Dari tabel terlihat bahwa tegangan rangkaian driver beroperasi sesuai dengan lebar pulsa. Jika driver diberi PWM 64 maka tegangan keluarannya adalah 79 VAC dan jika driver diberi PWM 255 maka tegangan keluarannya 218 VAC. Setiap PWM diatur oleh program pada mikrokontroler dengan mempunyai tegangan keluaran yang berbeda beda semakin tinggi nilai PWM maka semakin padat nilai PWMnya.

E. Pengujian Kontrol On Off

Pengujian ini dilakukan dengan mengetahui respon sistem saat sensor DS18B20 mencapai suhu setpoint. Ditentukan suhu setpoint pada batas atas 80°C dan batas bawah 75°C. Pengujian ini dilakukan dengan melihat grafik respon sistem kendali On Off.



Gambar 9. Kurva pengujian kontrol On Off

Grafik diatas adalah grafik pengujian suhu memanaskan panci menggunakan kontrol Histeresis. Kenaikan suhu dimulai dari suhu 29°C hingga suhu setpoint 80°C. Pada proses pemanasan membutuhkan waktu 14 menit untuk mencapai suhu 80°C. Pada waktu pemanasan menggunakan kontrol Histeresis terjadi overshoot hingga suhu mencapai 81°C. Sehingga overshoot sebesar 1°C atau jika dihitung persentase maka didapatkan nilai overshootnya sebesar 1,6% dari nilai setpoint. Nilai tersebut merupakan nilai toleransi atau error suhu pada perpindahan pada kontrol histeresis. Untuk

mengetahui nilai error pada kontrol histeresis dapat dihitung sebagai berikut :

$$(\%)error = \frac{\text{nilai histerisi}}{\text{nilai setpoint}} \times 100\% \quad (3)$$

$$(\%)error = \frac{1}{60} \times 100\% = 1,6\%$$

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dari pengujian dan Analisa yang sudah dilakukan, maka dapat dibuat beberapa kesimpulan :

1. Menggunakan kontrol Histeresis alat dapat mengatur suhu 75°C – 80°C dengan waktu 14 menit dan overshoot mencapai 81°C
2. Dapat memonitoring suhu menggunakan sensor DS18B20 dengan nilai error sebesar 2,39% dan membaca kadar alkohol menggunakan sensor MQ3 dengan nilai error 3% kemudian data akan ditampilkan pada LCD dan dapat dikatakan sudah layak digunakan karena error tidak mencapai lebih dari 5%.
3. Pada alat ini sudah dapat menghasilkan kadar alkohol sesuai input pada pengaturan keypad. Input kadar yang dimasukan sebesar 30% dan kadar alkohol yang dihasilkan mencapai 32% dengan tingkat error 2% dan sudah dapat dikatakan layak karena error tidak melebihi 5%.
4. Pada alat ini sudah dapat melakukan destilasi dengan menghasilkan kadar etanol yang diharapkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih yang disampaikan penulis kepada institusi Politeknik Negeri Malang dan TPS 3R Tumpang Lestari yang telah menyediakan fasilitas berupa tempat dan peralatan guna menunjang penelitian yang penulis lakukan sehingga dapat menyelesaikan artikel yang dibuat.

REFERENSI

- [1] A. Khoiri *et al.*, “REVIEW TEKNOLOGI FERMENTASI BIOETANOL DARI BERBAGAI BAHAN ORGANIK,” vol. 5, no. 2, pp. 272–276, 2020, doi: 10.35261/barometer.v4i2.3810.
- [2] D. Restu Setiawati, A. Rafika Sinaga, T. Kurnia Dewi, J. Raya Palembang Prabumulih

Km, and I. Ogan Ilir, “PROSES PEMBUATAN BIOETANOL DARI KULIT PISANG KEPOK,” 2013.

- [3] N. A. Muhammad Sadam Rizkylillah1, Lathifa Putri Afisna2, “Pengolahan Limbah Kulit Pisang Raja (Musa Sapientum) Menjadi Bioethanol Menggunakan Metode Fermentasi Dan Distilasi Muhammad”.
- [4] I. A. Rozaq and Y. N. DS, “Uji Karakterisasi Sensor Suhu Ds18B20 Waterproof Berbasis Arduino Uno Sebagai Salah Satu Parameter Kualitas Air,” *Pros. SNATIF Ke-4*, pp. 303–309, 2017.
- [5] D. S. Purba, P. Pangaribuan, and A. Surya, “Pengendalian Suhu Air Dengan Metode Fuzzy Logic Dan Pi Kontroler Water Temperature Control Using Fuzzy Logic and Pi Controller,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 05, no. 3, pp. 4011–4018, 2018.
- [6] A. V. Satria and Wildian, “Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Alkohol Pada Cairan Menggunakan Sensor MQ-3 Berbasis Mikrokontroler AT89S51,” *J. Fis. Unand*, vol. 2, no. 1, pp. 13–19, 2013.
- [7] M. Ismail, A. Marwanto, and M. Haddin, “Deteksi Kadar Alkohol Menggunakan Sensor MQ3 Berbasis Website,” *Infotekmesin*, vol. 12, no. 1, pp. 88–92, 2021, doi: 10.35970/infotekmesin.v12i1.490.
- [8] A. A. Faizin, “Rancang Bangun Deteksi Kadar Alkohol pada Urin Menggunakan Sensor MQ-3 Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno,” *Skripsi.*, vol. Malang, p. UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM, 2020, [Online]. Available: <http://etheses.uin-malang.ac.id/19313%0Ahttp://etheses.uin-malang.ac.id/19313/1/15640049.pdf>
- [9] N. E. Helwig, S. Hong, and E. T. Hsiao-wecksler, “Sistem Pendeteksi Alkohol Berbasis Sensor MQ-3 dan Internet of Things Ade,” no. November 2015.
- [10] K. Ogata, *Modern Control Engineering [Paperback]*. 2009.