

PENGENDALIAN SUHU PADA ALAT PENERING BIJI KOPI MENGGUNAKAN METODE KONTROLER ON-OFF

Nandana Wiragotra¹, Dr. Ir. Erni Yudanigtyas, MT.², Ir. Moch. Rusli, Dipl.Ing.³

¹Mahasiswa Teknik Elektro, ^{2,3}Dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email: nandanawiragotra@gmail.com

Abstrak— Semakin berkembangnya teknologi saat ini memberikan dampak positif pada perkembangan dunia elektronik khususnya di bidang sistem kontrol. Pada saat ini banyak teknologi yang telah menggunakan alat otomatisasi kontrol. Hal tersebut disebabkan oleh keinginan manusia untuk memenuhi kebutuhan dan mendapatkan fasilitas kemudahan dan efisiensi dalam berbagai macam hal. Kopi merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara. Kopi tidak hanya berperan penting sebagai sumber devisa melainkan juga merupakan sumber penghasilan bagi tidak kurang dari satu setengah juta jiwa petani kopi di Indonesia [1]. Berdasarkan permasalahan cuaca yang seringkali timbul pada proses pengeringan biji kopi di Indonesia, maka penulis merancang sebuah alat pengering biji kopi yang dapat dikontrol untuk mempertahankan suhu pengeringan secara otomatis, sehingga proses pengeringan tidak terkendala oleh kondisi cuaca yang terjadi. Sistem pengendalian suhu pada alat pengering biji kopi menggunakan metode kontrol On-Off dapat melakukan proses pengeringan selama 10 jam dengan set point suhu sebesar 55°C dan mempunyai respon plan *Time Delay* (Td) = 6 menit, *Time Rise* (Tr) = 9 menit, *Time Peak* (Tp) = 12 menit dan *Max Overshoot* (Mp) = 59,19°C. Terjadi penyusutan berat biji kopi sebesar 335 Gram pada saat sebelum dilakukan proses pengeringan dibandingkan dengan setelah proses pengeringan.

Kata Kunci— Kopi, Pengeringan, Kontrol On-Off.

I. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara. Kopi tidak hanya berperan penting sebagai sumber devisa melainkan juga merupakan sumber penghasilan bagi tidak kurang dari satu setengah juta jiwa petani kopi di Indonesia.

Keberhasilan agribisnis kopi membutuhkan dukungan semua pihak yang terkait dalam proses produksi kopi pengolahan dan pemasaran komoditas kopi. Upaya meningkatkan produktivitas dan mutu kopi terus dilakukan sehingga daya saing kopi di Indonesia dapat bersaing di pasar dunia.

Teknologi budi daya dan pengolahan kopi meliputi pemilihan bahan tanam kopi unggul, pemeliharaan, pemangkasan tanaman dan pemberian penaung, pengendalian hama dan gulma, pemupukan yang seimbang, pemanenan, serta pengolahan kopi pasca panen. Pengolahan kopi sangat berperan penting dalam menentukan kualitas dan cita rasa kopi [1].

Saat ini, peningkatan produksi kopi di Indonesia masih terhambat oleh rendahnya mutu biji kopi yang dihasilkan sehingga mempengaruhi pengembangan produksi akhir kopi. Hal ini disebabkan, karena penanganan pasca panen yang tidak tepat antara lain proses fermentasi, pencucian, sortasi, pengeringan, dan penyangraian. Selain itu spesifikasi alat/mesin yang digunakan juga dapat mempengaruhi setiap tahapan pengolahan biji kopi.

Salah satu cara untuk menghasilkan biji kopi yang baik memerlukan proses pengeringan agar didapatkan kopi yang dapat disimpan sebelum diolah kembali. Saat ini para petani melakukan proses pengeringan biji kopi dengan cara konvensional yang membutuhkan waktu relatif lama. Hal ini disebabkan pada saat proses pengeringan terhambat oleh cuaca yang tidak menentu. Di Indonesia memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Ketika musim hujan, proses pengeringan akan terhambat karena kurangnya sinar matahari yang digunakan untuk mengeringkan biji kopi. Hal tersebut mengakibatkan penurunan kuantitas dan kualitas hasil produksi biji kopi.

Berdasarkan permasalahan cuaca yang seringkali timbul pada proses pengeringan biji kopi di Indonesia, maka penulis merancang sebuah alat pengering biji kopi yang dapat dikontrol untuk mempertahankan suhu pengeringan secara otomatis, sehingga proses pengeringan tidak terkendala oleh kondisi cuaca yang terjadi. Penelitian ini menerapkan sistem pengendalian suhu pada miniatur alat pengering biji kopi menggunakan kontroler dengan metode On-Off yang diharapkan bisa menjadi solusi salah satu langkah pengolahan pasca panen pada biji kopi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kopi

Kopi merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang sudah lama dibudidayakan dan memiliki nilai ekonomis yang lumayan tinggi. Konsumsi kopi dunia mencapai 70% berasal dari spesies kopi arabika dan 26% berasal dari spesies kopi robusta. Kopi berasal dari Afrika, yaitu daerah pegunungan di Etopia. Namun, kopi sendiri baru dikenal oleh masyarakat dunia setelah tanaman tersebut dikembangkan di luar daerah asalnya, yaitu Yaman di bagian selatan Arab, melalui para saudagar Arab [1]. Di Indonesia kopi mulai dikenal pada tahun 1696, yang di bawa oleh VOC. Tanaman kopi di Indonesia mulai di produksi di pulau Jawa, dan hanya bersifat coba-coba, tetapi karena hasilnya memuaskan dan dipandang oleh VOC cukup menguntungkan sebagai komoditi perdagangan maka VOC menyebarkan ke berbagai daerah agar para penduduk menanamnya [4].

Sistematika tanaman kopi robusta menurut Rahardjo adalah sebagai berikut:

- Kingdom : *Plantae*

- Sub kingdom : *Tracheobionita*
- Divisi : *Magnoliophyta*
- Kelas : *Magnoliopsida*
- Sub Kelas : *Astridae*
- Ordo : *Rubiaceae*
- Genus : *Coffea*
- Spesies : *Coffea robusta*

Di dunia perdagangan dikenal beberapa golongan kopi, tetapi yang paling sering dibudidayakan hanya kopi arabika, robusta, dan liberika. Pada umumnya, penggolongan kopi berdasarkan spesies, kecuali kopi robusta. Kopi robusta bukan nama spesies karena kopi ini merupakan keturunan dari berapa spesies kopi terutama *Coffea canephora* [4].

B. Pengerinan Biji Kopi

Pengerinan adalah proses pengeluaran air dari suatu bahan pertanian menuju kadar air kesetimbangan dengan udara sekeliling atau pada tingkat kadar air dimana mutu bahan pertanian dapat dicegah dari serangan jamur, enzim dan aktifitas serangga [4]. Sedangkan menurut Hall (1957) dan Brooker dkk.,(1974), proses pengerinan adalah proses pengambilan atau penurunan kadar air sampai batas tertentu sehingga dapat memperlambat laju kerusakan bahan pertanian akibat aktivitas biologis dan kimia sebelum bahan diolah atau dimanfaatkan[3].

Pengerinan adalah proses pemindahan panas untuk menguapkan kandungan air yang dipindahkan dari permukaan bahan yang dikeringkan oleh media pengerinan yang biasanya berupa panas. Tujuan pengerinan adalah mengurangi kadar air bahan sampai dimana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti. Dengan demikian bahan yang dikeringkan dapat mempunyai waktu simpan yang lebih lama.

Pengerinan merupakan salah satu cara dalam teknologi pangan yang dilakukan dengan tujuan pengawetan. Manfaat lain dari pengerinan adalah memperkecil volume dan berat bahan dibanding kondisi awal sebelum pengerinan, sehingga akan menghemat ruang [2].

Dalam pengerinan, keseimbangan kadar air menentukan batas akhir dari proses pengerinan. Kelembapan udara nisbi serta suhu udara pada bahan kering biasanya mempengaruhi keseimbangan kadar air. Pada saat kadar air seimbang, penguapan air pada bahan akan berhenti dan jumlah molekul-molekul air yang akan diuapkan sama dengan jumlah molekul air yang diserap oleh permukaan bahan. Laju pengerinan amat bergantung pada perbedaan antara kadar air bahan dengan kadar air keseimbangan [3].

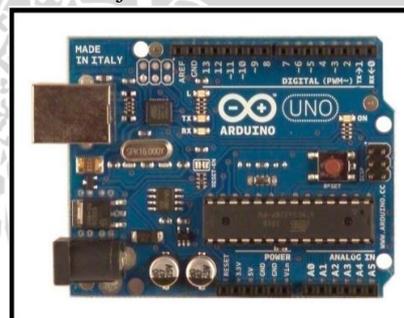
Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan pangan semakin cepat pindah panas ke bahan pangan dan semakin cepat pula penguapan air dari bahan pangan. Pada proses pengerinan, air dikeluarkan dari bahan pangan dapat berupa uap air. Uap air tersebut harus segera dikeluarkan dari atmosfer di sekitar bahan pangan yang dikeringkan. Jika tidak segera keluar, udara di sekitar bahan pangan akan menjadi jenuh oleh uap air sehingga memperlambat penguapan air dari bahan pangan yang memperlambat proses pengerinan [3].

Kombinasi suhu dan lama pemanasan selama proses pengerinan pada komoditi biji-bijian dilakukan untuk menghindari terjadinya kerusakan biji. Suhu udara, kelembapan relatif udara, aliran udara, kadar air awal bahan dan kadar akhir bahan merupakan faktor yang mempengaruhi waktu atau lama pegeringan [5].

Biji kopi yang telah dicuci mengandung air 55%, dengan jalan pengerinan kandungan air dapat diuapkan, sehingga kadar air pada kopi mencapai 8-10%. Setelah dilakukan pengerinan maka dilanjutkan dengan perlakuan pemecahan tanduk. Pengerinan pada kopi biasanya dilakukan dengan tiga cara yaitu pengerinan secara alami, buatan, dan kombinasi antara alami dan buatan.

C. Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke aUno berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI driver USB-to-serial. Bentuk arduino uno ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Arduino Uno

Nama "Uno" berarti satu dalam bahasa Italia, untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Uno dan versi 1.0 akan menjadi versi referensi dari Arduino. Uno adalah yang terbaru dalam serangkaian board USB Arduino, dan sebagai model referensi untuk platform Arduino, untuk perbandingan dengan versi sebelumnya.

D. Heater (Pemanas)

Electrical Heating Element (elemen pemanas listrik) banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, baik didalam rumah tangga ataupun peralatan dan mesin industri. Bentuk dan tipe dari *Electrical Heating Element* ini bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan di panaskan.

Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah niklin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan.

D. Sensor Suhu DS18B20

Kebanyakan sensor suhu memiliki tingkat rentang terukur yang sempit serta akurasi yang rendah namun memiliki biaya yang tinggi. Sensor suhu DS18B20, dengan kemampuan tahan air (waterproof) cocok digunakan untuk mengukur suhu pada tempat yang sulit, atau basah. Karena output data sensor ini merupakan data digital, maka kita tidak perlu khawatir terhadap degradasi data ketika menggunakan untuk jarak yang jauh. DS18B20 menyediakan 9 bit hingga 12 bit yang dapat dikonfigurasi data.

Karena setiap sensor DS18B20 memiliki silicon serial number yang unik, maka beberapa sensor DS18B20 dapat dipasang dalam 1 bus. Hal ini memungkinkan pembacaan suhu dari berbagai tempat. Meskipun secara datasheet sensor ini dapat membaca bagus hingga 125°C, namun dengan penutup kabel dari PVC disarankan untuk penggunaan tidak melebihi 100°C. Bentuk sensor suhu DS18B20 ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Sensor Suhu DS18B20

Adapun spesifikasi dari sensor suhu DS18B20 adalah sebagai berikut:

- Tegangan yang dibutuhkan sensor dari 3.0V sampai 5.5V power/data
- Akurasinya $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ sampai -10°C , dan -10°C sampai $+85^{\circ}\text{C}$
- Batas temperatur sensor dari -55 sampai 125°C atau -67°F sampai $+257^{\circ}\text{F}$
- menyediakan 9 bit hingga 12 bit yang dapat dikonfigurasi data
- Menggunakan 1 kabel Antarmuka (Interface) dan hanya 1 digital pin untuk komunikasi
- Data pengenalan Identitas yang disimpan 64 bit
- Memiliki batas peringatan jika suhu tinggi
- Temperature-limit alarm system
- Waktu tunggu data masuk 750ms
- kabel antarmuka (Interface):
 - Kabel merah :VCC
 - Kabel hitam : GND
 - Kabel putih : DATA
- Bahan Stainl
- ess steel silinder 6mm diametanya panjang 35mm
- Diameter kabel : 4mm
- Panjang kabel : 90cm

E. Fan

Dalam suatu ruangan yang membutuhkan pengontrolan terhadap suhu, maka suhu didalam ruangan haruslah merata agar suhu yang terbaca sesuai dengan suhu disetiap sudut ruang. Masalahnya adalah jika ruangan erlalu besar, butuh waktu yang sangat lama untuk suhu menjadi stabil dan sama nilainya disetiap sudut ruang. Untuk mempercepat hal ini dirancanglah sebuah *blower* yang terdiri dari kipas DC yang akan

meraakan panas didalam ruang. Kipas DC ini erhubung dengan relay sebagai saklar otomatis jika sudah tidak digunakan lagi.

F. Kontroler

Sistem pengendalian dirancang untuk melakukan dan menyelesaikan tugas tertentu. Syarat utama sistem pengendalian adalah harus stabil. Disamping kestabilan mutlak, maka sistem harus memiliki kestabilan secara relatif, yakni tolok ukur kualitas kestabilan sistem dengan menganalisis sampai sejauh mana batas-batas kestabilan sistem tersebut jika dikenai gangguan [6].

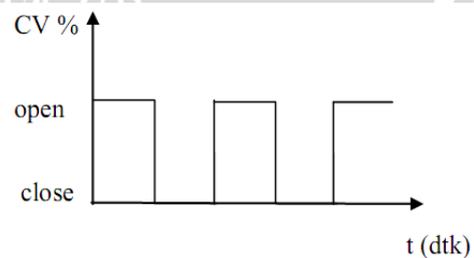
Selain itu analisis juga dilakukan untuk mengetahui bagaimana kecepatan sistem dalam merespons *input*, dan bagaimana peredaman terhadap adanya lonjakan (*over shoot*).

Suatu sistem dikatakan stabil jika diberi gangguan maka sistem tersebut akan kembali ke keadaan *steady state* di mana *output* berada dalam keadaan tetap seperti tidak ada gangguan. Sistem dikatakan tidak stabil jika *outputnya* berosilasi terus menerus ketika dikenai suatu gangguan. Karena suatu sistem pengendalian biasanya melibatkan penyimpanan energi maka *output* sistem ketika diberi suatu *input*, tidak dapat mengikuti *input* secara serentak, tapi menunjukkan respons transien berupa suatu osilasi teredam sebelum mencapai *steady state*.

Prinsip kerja kontroler adalah membandingkan nilai aktual keluaran plan dengan nilai referensi. Kemudian kontroler menentukan nilai kesalahan dan akhirnya menghasilkan sinyal kontrol untuk meminimalkan kesalahan [6].

E. Kontroler ON-OFF

Karakteristik kontroler on-off ini hanya bekerja pada 2 posisi, yaitu on dan off. Kerja kontroler on-off banyak digunakan pada aksi pengontrolan yang sederhana karena harganya murah. Karena sistem kerja yang digunakan adalah on – off saja, hasil output dari sistem pengendalian ini akan menyebabkan proses variabel tidak akan pernah konstan. Besar kecilnya fluktuasi process variabel ditentukan oleh titik dimana kontrolerdalam keadaan on dan off. Pengendalian dengan aksi kontrol ini juga menggunakan feedback. Adapun sinyal kendali on-off ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Aksi Kendali On-Off

III. PERANCANGAN

Perancangan dalam pembuatan skripsi ini bertujuan untuk merancang beberapa perangkat maupun alat secara keseluruhan. Perancangan perangkat tersebut meliputi perancangan perangkat keras maupun perancangan perangkat lunak.

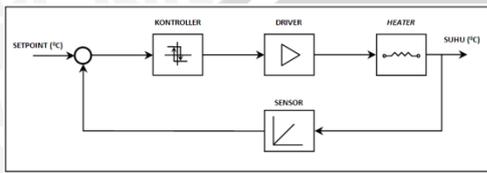
A. Spesifikasi Sistem

Spesifikasi sistem yang dirancang adalah:

1. Sistem pengeringan biji kopi menggunakan media atau tempat yang berbahan *stainless steel*.
2. Sistem pemanas pada *plant* pengeringan biji kopi menggunakan *heater* dan fan. Fan berfungsi untuk meratakan panas pada ruangan pengeringan biji kopi.
3. Sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi panas pada *plant* pengeringan biji kopi menggunakan sensor suhu DS18B20.
4. Menggunakan *arduino uno* sebagai pengontrol utama jalannya proses pengeringan biji kopi.
5. Menggunakan LCD 16x2 sebagai *display* atau penampil data suhu pada *user*.

B. Diagram Blok Sistem

Pada perancangan diagram blok kontroler sistem menggunakan kontroler on-off. Adapun blok diagram kontrolerditunjukkan dalam Gambar S4.



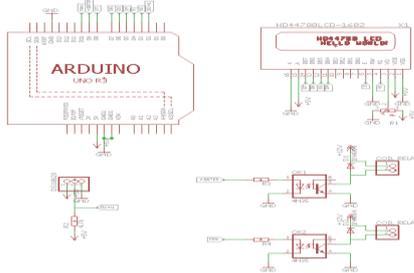
Gambar 4. Diagram Blok Sistem

Keterangan diagram blok dalam Gambar 4.1 adalah:

- *Setpoint* berupa nilai parameter suhu yang sudah ditentukan nilainya.
- Sinyal *feedback* dari sensor berupa nilai bobot (PV) pembacaan sensor suhu yang diumpkan balikkan.
- *Error* berupa simpangan antar bobot sensor (PV) dengan nilai acuan (SP).
- Kontroleryang digunakan adalah On-Off dengan menggunakan *arduino uno* sebagai pengontrol utama.
- Sensor yang digunakan adalah sensor suhu DS18B20.
- Aktuator berupa *heater* dan *fan* sebagai penghasil panas dalam sistem pengeringan biji kopi.
- *Plan* berupa kopi yang akan dikeringkan.
- *Output* berupa nilai digital “0” atau “1” atau logika digital yang berfungsi untuk mengktifkan sistem pemanas.

C. Pembuatan Rangkaian Sistem Keseluruhan

Perancangan rangkaian sistem keseluruhan bertujuan agar sistem dapat berjalan *sinkron* dengan fungsi masing-masing komponen. Yang pada akhirnya sistem dapat berjalan sesuai dengan apa yang diharapkan. Adapun rangkaian sistem keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian Sistem Keseluruhan

Berdasarkan hasil perancangan rangkaian sistem keseluruhan dapat diketahui bahwa arduino uno dibagi menjadi 2 (dua) fungsi sistem, yaitu fungsi masukan dan keluaran. Pin masukan dan keluaran pada perancangan ditunjukkan dalam Tabel 1.

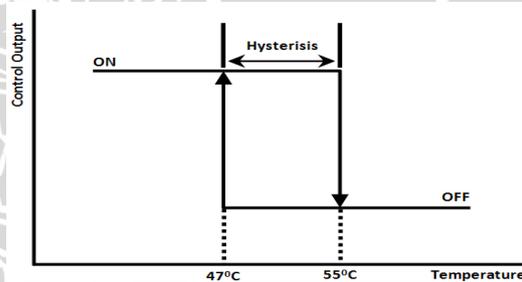
Tabel 1. Fungsi Pin Arduino

No.	Pin	Fungsi
1	D2	Input Sensor Suhu DS18B20
2	D3	Output Pin RS LCD
3	D4	Output Pin E LCD
4	D5	Output Pin D4 LCD
5	D6	Output Pin D5 LCD
6	D7	Output Pin D6 LCD
7	D8	Output Pin D7 LCD
8	D9	Output Relay Heater
9	D10	Output Relay Fan

D. Perancangan Parameter Metode Kontrol On-Off

Perancangan parameter metode kontrol on-off bertujuan agar diperoleh respon pengontrolan pada plan yang sesuai dengan yang diharapkan. Pengeringan biji kopi yang optimal menggunakan suhu 47^o-60^oC [4].

Pada penelitian ini menggunakan setpoint suhu pada *plan* sebesar 55^oC. Agar diperoleh hasil respon pengontrolan suhu yang dapat steady di setpoint dan juga mengurangi *ripple* pada respon suhu maka diperlukan penentuan nilai *hysteresis*. Nilai *hysteresis* pada penelitian ini menggunakan nilai sebesar 47^oC. Adapun ilustrasi nilai *hysteresis* ditunjukkan dalam Gambar 6.

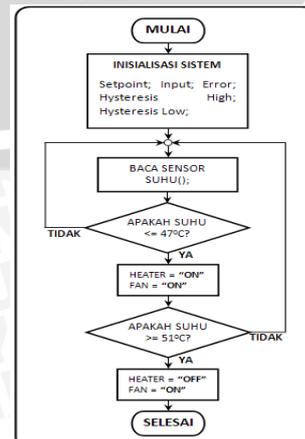


Gambar 6. Nilai Setpoint dan Hysteresis

Berdasarkan ilustrasi gambar hysteresis diatas dapat diketahui bahwa nilai setpoint sebesar 55^oC dan nilai hysteresis sebesar 47^oC.

E. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini menggunakan *compiler* arduino.ide. Sebelum menulis program pada arduino, terlebih dahulu dilakukan perancangan *flowchart* sistem. Adapun *flowchart* sistem ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Flowchart Perangkat Lunak Sistem

Pada *flowchart* perangkat lunak sistem yang dirancang, yang pertama kali dilakukan adalah inialisasi variabel. Kemudian setelah itu program akan memulai membaca suhu. Suhu yang sudah dibaca akan diperiksa apakah sudah mencapai pada titik setpoint. Dari hasil pemeriksaan akan menentukan logika untuk mengaktifkan atau menonaktifkan *heater*.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pengujian ini meliputi catu daya, pengujian LCD, pengujian sensor suhu DS18B20 dan pengujian keseluruhan sistem.

A. Pengujian Catu Daya

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan catu daya yang akan digunakan pada arduino, LCD16x2, relay, sensor suhu. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan kutub positif catu daya dengan probe positif multimeter, dan juga kutub negatif catu daya dengan probe negatif multimeter. Kemudian hasil pengukuran dicatat yang kemudian dihitung nilai error nya.



Gambar 8. Pengujian Catu Daya

Dari hasil pengujian yang dilakukan, dapat diketahui bahwa catu daya mempunyai error:

$$\begin{aligned} \text{error} &= V_{\text{Pengukuran}} - V_{\text{Standart}} \\ &= 12.30 \text{ V} - 12 \text{ V} \\ &= 0.30 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\text{error}(\%) = \frac{|V_{\text{Pengukuran}} - V_{\text{Standart}}|}{V_{\text{Standart}}} \times 100\%$$

$$\text{error} = \frac{|12.30 - 12|}{12} \times 100\%$$

$$\text{error} = 2.5 \%$$

Terjadi *error* sebesar 2,5%, namun tegangan tersebut masih dapat ditoleransi oleh arduino dan rangkaian lainnya.

B. Pengujian LCD 16x2

Pengujian ini bertujuan untuk menguji fungsional dari LCD 16x2. Dimana hasil yang diharapkan adalah LCD 16x2 dapat menampilkan karakter tulisan sesuai dengan program yang dimasukkan. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan *power supply* pada arduino uno. Kemudian arduino diberikan program untuk menampilkan hasil pembacaan sensor suhu dan status dari heater. Hasil pengujian LCD 16x2 ditunjukkan dalam Gambar 12.



Gambar 9. Hasil Pengujian LCD 16x2

Dari hasil pengujian LCD 16x2 yang ditunjukkan dalam Gambar 9 diketahui bahwa LCD 16x2 dapat menampilkan tulisan karakter sesuai dengan program yang dimasukkan pada arduino.

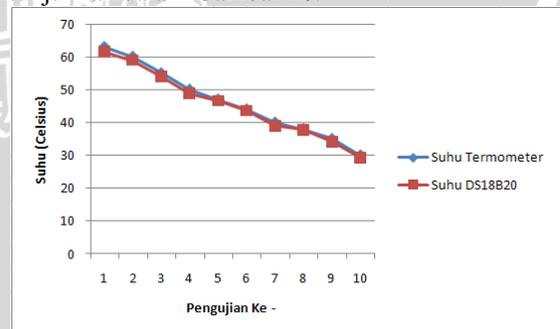
C. Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian sensor suhu bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari sensor suhu DS18B20 ketika melakukan proses pembacaan dan pengukuran suhu. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan sensor suhu DS18B20 dan juga termometer air raksa ke dalam bejana dengan isi air panas. Kemudian suhu yang terbaca pada termometer air raksa dibandingkan dengan pembacaan sensor suhu DS18B20. Hasil pengujian kemudian dicatat dan dianalisis. Hasil pengujian sensor suhu ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20

No.	Suhu Termometer (°C)	Suhu DS18B20 (°C)
1	63	61,5
2	60	58,9
3	55	54
4	50	48,8
5	47	46,6
6	44	43,6
7	40	39
8	38	37,7
9	35	34,2
10	30	29,3

Grafik hasil pengujian sensor suhu DS18B20 ditunjukkan dalam Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Berdasarkan hasil pengujian sensor suhu yang ditunjukkan dalam Tabel 2 dan Gambar 10 dapat diketahui bahwa sensor suhu dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengukuran sensor suhu DS18B20 yang mengikuti trend pembacaan sensor suhu termometer air raksa.

D. Pengujian Keseluruhan Sistem

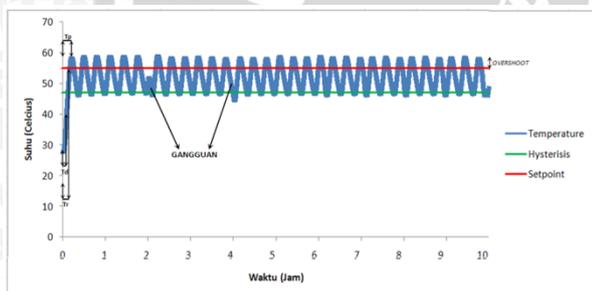
Pengujian keseluruhan sistem bertujuan untuk mengetahui respon kontrol yang digunakan untuk mengendalikan suhu pada alat pengering biji kopi.

Selain itu pengujian juga bertujuan untuk menguji sistem pengering yang telah dirancang. Untuk melakukan pengujian keseluruhan sistem yang pertama kali dilakukan adalah menyiapkan biji kopi yang akan dikeringkan. Sebelum dimasukkan pada alat pengering, biji kopi dicuci dengan menggunakan air. Kemudian biji kopi yang akan dikeringkan ditimbang terlebih dahulu. Kemudian setelah itu biji kopi dimasukkan ke dalam alat pengering dan alat mulai diaktifkan selama 10 jam. Data pengujian yang berupa suhu ruangan pengeringan dan sinyal kontrol dicatat melalui *serial monitor* pada laptop. Proses penimbangan biji kopi sebelum proses pengeringan ditunjukkan dalam Gambar 11.

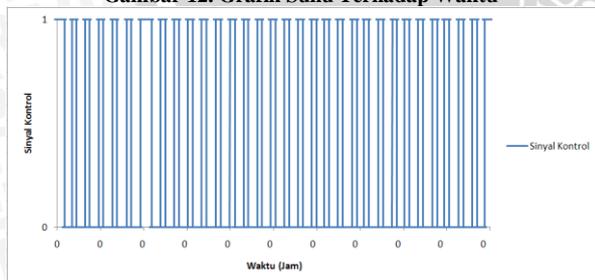


Gambar 11. Proses Penimbangan Biji Kopi Sebelum Proses Pengeringan

Proses menyiapkan biji kopi dilakukan dengan cara mencuci biji kopi kemudian menimbang berat biji kopi yang akan dikeringkan. Berdasarkan hasil penimbangan didapatkan berat 1,625 Kg biji kopi. Kemudian proses pengeringan biji kopi dilakukan selama 10 jam. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Gambar 12 dan 13.



Gambar 12. Grafik Suhu Terhadap Waktu



Gambar 13. Grafik Sinyal Kontrol Terhadap Waktu

Setelah proses pengeringan biji kopi selesai dilakukan selama 10 jam, kemudian biji kopi ditimbang kembali untuk mengetahui besar penyusutan dari berat biji kopi setelah dikeringkan. Proses penimbangan jamur setelah proses pengeringan ditunjukkan dalam Gambar 14.



Gambar 14. Proses Penimbangan Biji Kopi Setelah Proses Pengeringan

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan dalam Gambar 14 dan 15 menunjukkan bahwa respon plan mempunyai $Time Delay (Td) = 6$ menit, $Time Rise (Tr) = 9$ menit, $Time Peak (Tp) = 12$ menit dan $Max Overshoot (Mp) = 59,19^{\circ}C$. Pada pengujian keseluruhan sistem dilakukan gangguan atau *disturbance* dengan cara membuka ruangan pemanas. Setelah proses penimbangan biji kopi didapatkan berat biji kopi 1,29 Kg. Terjadi penyusutan berat biji kopi sebesar 335 Gram setelah melalui proses pengeringan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Sistem pengendalian suhu pada alat pengering biji kopi menggunakan metode kontrol On-Off dapat melakukan proses pengeringan selama 10 jam dan dengan mempunyai respon plan $Time Delay (Td) = 6$ menit, $Time Rise (Tr) = 9$ menit, $Time Peak (Tp) = 12$ menit dan $Max Overshoot (Mp) = 59,19^{\circ}C$. Terjadi penyusutan berat biji kopi sebesar 335 Gram pada saat sebelum dilakukan proses pengeringan dibandingkan dengan setelah proses pengeringan.
2. Penentuan parameter kontrol On-Off dengan menggunakan *hysteresis*. Dimana setpoint suhu sebesar $55^{\circ}C$ dan nilai hysteresis sebesar $47^{\circ}C$.

B. Saran

1. Menambah kapasitas dimensi ruang pengeringan agar didapatkan hasil pengeringan yang lebih banyak.
2. Dibutuhkan sensor yang dapat mengukur kadar air pada kopi selama proses pengeringan.
3. Menggunakan metode yang lain sebagai perbandingan dari metode on-off.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahardjo, Pudji. 2012. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- [2] Ciptadi, W. Dan Nasution, M.Z.. 1985. *Pengolahan Kopi*. Fakultas Teknologi Institut Pertanian Bogor.
- [3] Aak. 1980. *Budidaya Tanaman Kopi*. Yogyakarta: Yayasan Kanisius.
- [4] Najiyati, S. dan Danarti. 2004. *Budidaya Tanaman Kopi dan Penangan Pasca Panen*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- [5] Taib, G., Gumbira Said, dan S. Wiraatmadja. 1998. *Operasi Pengeringan Pada Pengolahan Hasil Pertanian*. Jakarta: PT Mediyatama Sarana Perkasa.
- [6] Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. Jakarta: Erlangga.