

**RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU
PADA PROSES TEMPERING PRODUK COKLAT**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



Disusun oleh
Dita Astryani
12620005

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Kepada

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2018**



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1065/Un.02/DST/PR00.9/02/2018

Tugas Akhir dengan judul : Rancang Bangun Sistem Kendali Suhu Pada Proses *Tempering* Produk Coklat

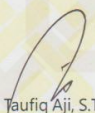
yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : DITA ASTRYANI
Nomor Induk Mahasiswa : 12620005
Telah diujikan pada : Jumat, 23 Februari 2018
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

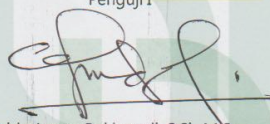
dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang


Taufiq Aji, S.T. M.T
NIP. 19800715 200604 1 002

Penguji I



Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.
NIP. 19780510 200501 1 003

Penguji II


Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si
NIP. 19771025 2005011004

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 23 Februari 2018
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
DEKAN


Dr. Murtono, M.Si.
NIP. 19691212 200003 1 001





SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi

Lamp :

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudari:

Nama : Dita Astryani
NIM : 12620005
Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Kendali Suhu pada Proses *Tempering*
Produk Coklat

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi FISIKA Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam


Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

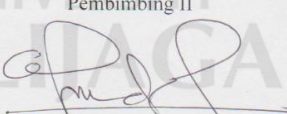
Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 12 Februari 2018

Pembimbing I

Pembimbing II


Taufiq Aji, M.T
NIP. 19800715 200604 1 002


Frida Agung Rakhmadi, S.Si.,M.Sc.
NIP. 19780510 200501 1 003

SURAT KETERANGAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dita Astryani
NIM : 12620005
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Kendali Suhu pada Proses *Tempering* Produk Coklat" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan bukan plagiasi karya orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 12 Februari 2018

Yang menyatakan,



Dita Astryani
NIM. 12620005

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada

kemudahan

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada

kemudahan

(QS Ash-Sharh: 5-6)

Kuliah itu susah

Maka, jangan lengah lalu menyerah

-Dita, 2018-

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Bapak Try dan Ibu Asih

Adikku P. Arief Tryastono

Bulik tari, Mas Hafidh, Adik Ifa, Adik Inne

Sahabat Fisika 2012, 2013, 2014, 2015, dan 2016

Seluruh warga kost Keputren Saphira

Seluruh warga Kalangan Ajag dan *werewolf* Arena

Seluruh penikmat perkembangan ilmu pengetahuan

Almamater

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah rabbi 'aalamiiin, puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul "*Rancang Bangun Sistem Kendali Suhu pada Proses Tempering Produk Coklat*" dengan lancar tanpa suatu halangan pun. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi besar kita, Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga dan sahabatnya. Amiin.

Dalam penyusunan laporan penelitian, penulis tidak terlepas dari pihak-pihak yang turut membantu dalam penyelesaiannya. Oleh, karena itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Ayah, mamah, dan adik tercinta yang senantiasa memberikan dukungan, do'a, dan semangat yang tiada henti-hentinya.
2. Bapak Dr. Thoqibul Fikri Niyartama, S.Si, M.Sc. selaku Kepala Program Studi Fisika.
3. Bapak Taufik Aji, M.T. Selaku Pembimbing I, terima kasih atas segala obrolan (karena beliau selalu menyebut bimbingan dengan mengobrol, agar suasana lebih akrab dan santai), ide, motivasi, nasihat, dan waktu yang diberikan, serta kesabarannya selama penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Frida Agung Rakhmadi, M.Sc. Selaku Pembimbing II, terima kasih atas segala bimbingan, nasihat, motivasi, dan waktu yang telah diberikan, serta kesabarannya selama penyusunan skripsi ini.

5. Ibu Asih Melati, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik, terimakasih atas segala bimbingan, nasihat, motivasi, dan waktu yang telah diberikan serta kesabaran yang telah diberikan selama menjadi mahasiswa.
6. Dosen dan laboran Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah mengajarkan dan membagikan ilmunya.
7. Asep, Rifai, Faros, Lisa, Fitroh, Puri, Andi, dan Alif terima kasih telah memberikan semangat dan menyediakan waktu untuk berbagi ilmu.
8. Mas Brian, Mas Nandang, Mas Ismail, Mbak Dina, Tira, Hida, dan Elena terima kasih telah meluangkan waktu untuk memberi semangat dan kesabaran dalam mendengarkan keluhan penulis.
9. Aidha Rosel, Saintek Musik, terima kasih telah memberikan waktu dan tempat untuk sekedar berbagi keluh dan kesah penulis.

Dengan segala keterbatasan, penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna oleh karena itu diharapkan kritik dan saran demi kemajuan dan peningkatan skripsi ini. Penulis berharap dengan dilakukannya penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan menambah ilmu pengetahuan khususnya di bidang sains. Amiin

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 6 Februari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU	xiv
INTISARI.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	16
A. Latar Belakang	16
B. Rumusan Masalah Penelitian.....	20
C. Tujuan Penelitian	20
D. Batasan Penelitian	20
E. Manfaat Penelitian	21
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
A. Penelitian Yang Relevan	Error! Bookmark not defined.
B. Landasan Teori.....	Error! Bookmark not defined.
1. Pengolahan Makanan Dalam Perspektif Islam.....	Error! Bookmark not defined.
2. <i>Tempering</i> Coklat	Error! Bookmark not defined.
3. Proses Perpindahan Panas	Error! Bookmark not defined.
4. Sumber-Sumber Panas Pelelehan Coklat	Error! Bookmark not defined.
5. RTD PT1000	Error! Bookmark not defined.

7. Mikrokontroler <i>Arduino Uno</i>	Error! Bookmark not defined.
7. Relai (<i>Relay</i>).....	Error! Bookmark not defined.
8. LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	Error! Bookmark not defined.
9. Karakteristik Statik Sensor	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	Error! Bookmark not defined.
A. Waktu dan Tempat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
B. Alat dan Bahan.....	Error! Bookmark not defined.
C. Prosedur Kerja.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
A. Hasil	Error!
Bookmark not defined.	
1. Karakterisasi Sensor Suhu RTD PT1000	Error! Bookmark not defined.
2. Pembuatan Sistem Kendali Suhu	Error! Bookmark not defined.
3. Uji Coba Sistem Kendali Suhu.....	Error! Bookmark not defined.
B. Pembahasan.....	Error! Bookmark not defined.
1. Karakterisasi Sensor Suhu RTD PT1000	Error! Bookmark not defined.
2. Pembuatan Sistem Kendali Suhu pada Proses <i>Tempering</i> Produk Coklat.....	Error! Bookmark not defined.
3. Uji coba sistem kendali	Error! Bookmark not defined.
4. Integrasi – Interkoneksi	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUP.....	83
A. Kesimpulan	83
B. Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	86
LAMPIRAN 1	86
LAMPIRAN 2	87
LAMPIRAN 3	87
LAMPIRAN 4	87
LAMPIRAN 5	88
LAMPIRAN 6	89
LAMPIRAN 7	90



DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2. 1 (a) Menuangkan Cokelat (Beckett, Hal: 129), (b) *Menscrape* Cokelat .**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 2 Perpindahan Panas Konduksi pada Dinding (J.P Holman, Hal: 33)**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 3 Perpindahan Panas Konveksi (J.P Holman, hal: 252)**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 4 Perpindahan Panas Konveksi**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 5 Perpindahan Panas Radiasi (J.P.Holman, Hal: 343)**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 6 Elemen Pemanas**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 7 *Tubular Heater, Finned Heater, Cast-In Heater***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 8 *Catridge Heater Band***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 9 Band, Nozzle, & Stripe Heater.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 10 Konstruksi RTD**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 11 *Wire Wound*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 12 *Thin Film Element*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 13 Rangkaian Pembagi Tegangan**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 14 *Arduino Uno*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 15 Simbol pada *Relay*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 16 LCD 2 x 16.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 17 a) Korelasi Positif; b) Korelasi Negatif (Sugiyono,2007)**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 18 Grafik penentuan eror ripitabilitas (Fraden,2010)**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 1 Diagram Alir Prosedur Penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.2 Plot Grafik Hambatan dan Suhu**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.3 Diagram Alirpembuatan*Software*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.4 Diagram Alir Program Sistem Kendali Suhu pada Mesin Tempering Produk Coklat.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.5 Diagram Ali rpebuatan *Hardware***Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 1 Grafik Hubungan Suhu ($^{\circ}\text{C}$) dengan Tegangan (volt) pada Sensor Suhu RTD PT1000.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 2 Sistem Kendali Suhu**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Uno.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 2. 2 Pedoman Penentuan kuat lemahnya Korelasi (Sugiyono,2007).**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 1 Perangkat keras penelitian**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 2 Perangkat Lunak Penelitian**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 3 Bahan-bahan penelitian.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 4 Tabel Karakteristik Sensor.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3. 5 Tabel pengujian sistem kendali suhu**Error! Bookmark not defined.**



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	86
LAMPIRAN 2	87
LAMPIRAN 3	87
LAMPIRAN 4	87
LAMPIRAN 5	88
LAMPIRAN 6	89
LAMPIRAN 7	90



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU PADA PROSES *TEMPERING* PRODUK COKLAT

Dita Astryani

12620005

INTISARI

Penelitian rancang bangun sistem kendali suhu pada proses *tempering* produk coklat telah dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik sensor suhu RTD PT1000, membuat dan menguji sistem kendali suhu untuk proses *tempering* produk coklat. Prosedur penelitian ini dilakukan dalam empat tahapan: karakterisasi sensor suhu RTD PT1000, pembuatan rangkaian, uji coba sistem kendali suhu pada proses *tempering* produk coklat dan analisa data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fungsi transfer dan koefisien korelasi sensor suhu RTD PT1000 berturut-turut yaitu $V = -0,0037T + 3,4117$, dengan koefisien korelasi sebesar $r = -0,997$. Sensitivitas sensor suhu RTD PT1000 adalah $-0,0037\text{volt}/^{\circ}\text{C}$, sedangkan riptabilitas sebesar 99,7%. Hasil pengujian sistem kendali suhu pada proses *tempering* produk coklat memiliki tingkat keberhasilan sebesar 97,7%.

Kata kunci: sistem kendali, suhu, *tempering*

DESIGN OF TEMPERATURE CONTROL SYSTEM IN CHOCOLATE TEMPERING PROCESS

Dita Astryani

12620005

ABSTRACT

The research on design of temperature control system in chocolate tempering process has been done. The purpose of this research was to know temperature sensor characteristic, make and test the control system in chocolate tempering process. There were three stages in this research : characterization of RTD PT1000 temperature sensor, testing of control system in chocolate tempering process and data analysis. The result shows that the transfer function of RTD PT1000 temperature sensor was $V = -0,0037T + 3,4117$ with coefficient correlation $r = -0,997$. The sensitivity of temperature sensor was $-0,0037\text{volt}/^{\circ}\text{C}$, while its ripitability was 99,7 %. The result testing of control system in chocolate tempering process has success rate of 97,7%.

Key word: control system, temperature, tempering

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Buah kakao (*Theobroma Cacao*) merupakan salah satu jenis komoditi perkebunan yang digemari masyarakat di dunia, tidak terkecuali masyarakat Indonesia. Tanaman kakao merupakan tanaman yang potensial untuk dikembangkan karena produksinya setiap tahun cukup melimpah serta dapat disimpan cukup lama sebelum diproduksi. Biji kakao yang dihasilkan dari tanaman ini dapat diolah menjadi berbagai macam produk olahan kakao, dari makanan hingga minuman. Pengolahan biji kakao menjadi coklat dibutuhkan pengetahuan yang memadai agar hasilnya berkualitas dan memiliki nilai jual untuk dipasarkan ke pasar menjadi sebuah produk. Secara umum proses pengolahan biji kakao menjadi coklat dapat melalui beberapa tahapan.

Tahapan yang pertama adalah memanen biji kakao terlebih dahulu untuk menentukan kualitas coklat, sebab hanya buah yang matang sempurna di pohon yang memberikan hasil terbaik dari sisi rasa maupun aroma. Tahapan yang kedua adalah fermentasi biji kakao yang telah di petik, itu dilakukan selama lima hari. Fermentasi dilakukan menggunakan getah dalam buah coklat itu sendiri. Tahapan yang ketiga adalah pengeringan dan sortir. Biji kakao yang telah di fermentasikan kemudian dikeringkan dan disortir manual dengan tangan. Pada tahapan ini biji akan dipilah-pilah berdasarkan berat jenisnya. Cara mudahnya adalah dengan menghitung berat per 100 gram. Tahapan ke empat adalah pemanggangan, biji kakao yang telah melalui tahap ketiga selanjutnya dipanggang agar aroma coklatnya keluar. Tahapan

kelima adalah *winnowing* atau proses pemisahan cangkang dan inti biji (*nibs*). Tahap keenam yaitu *grinding*, dalam bentuk setengah hancur, inti biji kakao (*nibs*) digiling halus, dari hancuran masal ini akan menghasilkan cairan coklat yang kental. Tahapan ketujuh adalah pengadukan, cairan coklat kental yang telah dihasilkan dari proses *grinding* kemudian ditambahi susu dan gula untuk menambah rasa. Tahapan kedelapan yaitu *couching*, dari tahap pengadukan dihasilkan pasta coklat yang agak manis, dari coklat pasta yang agak manis tersebut masuklah ke proses *couching*. Proses ini sekaligus merupakan cara untuk mengurangi keasaman didalam pasta coklat tersebut, jadi selama tiga hari pasta coklat agak manis tadi diaduk nonstop hingga mengeluarkan hawa panas yang menandai bahwa rasa asam dari pasta berkurang. Tahapan terakhir adalah *tempering*, ini adalah proses akhir dari pengolahan coklat yang memisahkan jenis coklat berdasarkan pengolahan susu. Dalam tahap ini biasanya dihasilkan *cocoa butter* dan *cocoa powder*. *Cocoa butter* itulah yang biasanya disebut dengan coklat putih karena warnanya seperti mentega. Dalam tahap ini pulalah, coklat gelap atau *dark chocolate* biasanya dicetak dalam bentuk bar atau batangan.

Tempering juga merupakan salah satu cara untuk memperbaiki mutu coklat. *Tempering* yaitu proses yang melibatkan serangkaian tahapan pemanasan, pendinginan, dan pengadukan dengan kecepatan rendah. Proses *tempering* dapat meningkatkan titik leleh, beberapa studi tentang proses pembuatan coklat telah diteliti tentang efek pergesaran kristal pada lemak kakao dan olahan coklat *tempering* pada sejumlah aliran geometri yang

berbeda (Bolliger, et al., 1999), aliran geometri pada cokelat susu (Stapley, et al., 1999), pada lemak kakao (Mazzanti, et al., 2003), sistem *cone and plate* dengan lemak cokelat (Dhonsi & Stapley, 2006; MacMillan et al., 2002), *parallel plate viscometer* dengan cokelat susu (Briggs & Wang, 2004) dan *helical ribbon device* dengan lemak cokelat (Toro-Vazquez, et al., 2004). Adapun beberapa metode tempering cokelat diantaranya adalah metode Au Bain Marie (tim) yaitu proses pelelehan cokelat menggunakan panci perebusan ganda atau double boiling dan suhu air yang digunakan rendah. Hal yang harus diperhatikan dari proses ini ialah agar tidak ada air yang masuk ke dalam adonan cokelat. Metode berikutnya adalah metode Tablier yaitu metode pelelehan yang menggunakan meja marmer atau stainless untuk membantu menurunkan suhu cokelat dengan cara menuang sepertiga cokelat ke meja, kemudian dicampur kembali pada panci. Metode yang terakhir adalah metode injection (penyuntikan).

Mesin pengolahan cokelat untuk industri kecil telah dilengkapi dengan mesin refiner, mesin conching, lemari tempering, mesin pencetak cokelat, mesin vibrator untuk melepaskan cetakan cokelat, dan mesin penyangrai bubuk cokelat. Dalam hal ini mesin tempering berperan penting untuk melakukan proses pelelehan cokelat. Dengan memanaskan cokelat dengan suhu maksimal 45 derajat celcius atau lebih baik lagi bila tidak lebih dari 40 derajat celcius, karena proses pelelehan dengan suhu yang tinggi menyebabkan terjadinya gumpalan terutama pada *milk courvertoure*. Mesin tempering cokelat dilengkapi dengan sistem kendali suhu. Sistem kendali

suhu terdiri atas sistem kendali dan juga sensor suhu yang mendukung sistem tersebut. Sistem kendali suhu berperan cukup penting dalam proses tempering coklat. Elemen suhu merupakan elemen yang paling penting dalam proses tempering coklat. Pada pengendalian yang manual dan konvensional menyebabkan ketidak stabilan suhu dan dimungkinkan terjadi banyaknya kesalahan (*error*). Sehingga dampak yang lebih lanjut adalah kualitas produk hasil proses tempering coklat kurang baik.

Mesin tempering yang ada saat ini belumlah menjadi mesin tempering dengan harga terjangkau, karena harga yang relatif mahal untuk kelas industri kecil. Padahal masyarakat yang berminat untuk menggeluti bidang ini akan sangat terbantu jika mesin ini memiliki harga yang lebih terjangkau. Oleh karena itu perlu dikembangkan sistem kendali suhu dan yang lebih efisien dan lebih dipahami oleh orang awam yang ingin bergelut diindustri ini. Sehingga akan dilaksanakan pembuatan sebuah instrument yang tidak hanya berfungsi sebagai pengaturan suhu pada mesin tempering coklat saja, tetapi juga untuk mempermudah masyarakat awam untuk menggunakan atau bahkan merancang bangun kembali sistem kendali suhu ini sehingga lebih banyak yang dapat dikembangkan nantinya. Hal ini dilakukan agar pengguna dapat lebih mudah untuk menggunakan mesin tempering coklat dan mengatur suhu menggunakan sistem kendali suhu yang akan dibuat.

B. Rumusan Masalah Penelitian

Adapun rumusan masalahnya, yakni:

1. Bagaimana karakterisasi sensor suhu RTD PT1000 yang digunakan dalam sistem kendali pada proses *tempering* produk coklat?
2. Bagaimana rancang bangun sistem kendali suhu pada proses *tempering* produk coklat?
3. Bagaimana hasil pengujian sistem kendali suhu pada proses *tempering* produk coklat?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini, yakni:

1. Mengkarakterisasi sensor suhu RTD PT1000
2. Membuat sistem kendali suhu pada proses *tempering* produk cokelat.
3. Menguji sistem kendali suhu pada proses *tempering* produk cokelat.

D. Batasan Penelitian

Dalam hal ini batasan masalah yang akan diteliti, yaitu:

1. Karakterisasi sensor suhu RTD PT1000 yang diamati pada penelitian ini adalah karakteristik statis meliputi fungsi transfer, koefisien korelasi, sensitivitas, dan ripitabilitas.
2. Sistem yang digunakan adalah mikrokontroler arduino uno yang berfungsi untuk mengontrol operasi system.
3. Metode yang digunakan adalah *on/off* dengan menggunakan modul *relay*.
4. Sensor yang digunakan adalah sensor RTD PT1000.
5. Bahan uji adalah coklat *compound* sebanyak 550 gram.

6. Suhu ruangan diabaikan.

E. Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat dari penelitian ini, yakni:

1. Bagi keilmuan:

Dapat mengembangkan ilmu tentang sensor/sistem kendali.

2. Bagi instansi terkait:

Sebagai salah satu instrument yang dapat membantu dan mempermudah dalam mengendalikan suhu pada mesin tempering produk coklat, berdasarkan parameter fisika, yaitu besar atau kecilnya suhu yang dikendalikan pada saat sedang proses tempering coklat.

3. Bagi Masyarakat:

Masyarakat awam akan lebih mudah menggunakan mesin tempering coklat ini, karena lebih efisien dan lebih murah harganya.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Karakteristik sensor suhu RTD PT1000 pada penelitian ini meliputi: fungsi transfer $V = -0,0037T + 3,4085$; hubungan *input* dan *output* yang sangat kuat dengan koefisien korelasi sebesar $r = -1,054$; sensitivitas sensor sebesar $-0,0037$ volt/ $^{\circ}\text{C}$; riptabilitas sensor sebesar 99.4%.
2. Sistem kendali suhu pada proses *tempering* produk coklat telah berhasil dibuat, menggunakan sensor suhu RTD PT1000 dan arduino uno sebagai pengatur utama sistem kendali.
3. Sistem kendali suhu pada proses *tempering* produk coklat memiliki tingkat keberhasilan sebesar 97,7%

B. Saran

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya rancang bangun sistem kendali suhu pada proses *tempering* produk coklat ini dapat dikembangkan menggunakan putaran yang berfungsi sebagai pengaduk coklat agar coklat mendapatkan bentuk yang homogen.
2. Melakukan pengembangan dengan menggunakan sistem kendali PID atau PWM.
3. Dibuat *cooler* sebagai pendingin agar suhu turun lebih cepat.
4. Dibuat tampilan atau *display* alat yang lebih rapi dan menarik.
5. Dilakukan uji lain waktu untuk mengetahui tingkat presisi sistem kendali.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2014. "Elemen Pemanas." Diakses pada 16 Oktober 2016 dari www.repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/53752/Chapter%20II.pdf?sequence=4
- Anonim. 2015. "Arduino Uno." Diakses pada 8 November 2016 dari www.arduino.org/products/boards/arduino-uno
- Anonim. 2014. "Coil & Cable Heaters." Diakses pada 21 Desember 2017 dari www.temco.com
- Bahroin, Anilatul., dan Agung Prijo Budijono. 2015. "Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu dan Putaran pada Mesin Penyangrai Kopi Semi Otomatis." Surabaya: Universitas Negeri Surabaya, volume 02 nomor 03 (2015)
- Beckett, Stephen T. 2008. *The Science of Chocolate*, 2nd ed. Formerly Nestle Product Technology Center, York, UK. RSC Publishing.
- Bolton, W. 2006. *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol*. Ciracas, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Cooper, William D. 1993. *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- D. Young, Hugh dan Roger A. Friedman, Fisika Universitas (Terjemahan) Jilid.1, Jakarta: Erlangga, 2001.
- Fraden, Jacob. 2010. *Handbook of Modern Sensors*, 4th ed. New York: Springer Publishers.
- Handayani, Fitroh M. 2017. "Rancang Bangun Prototipe Sistem *Monitoring* Tangki Pendam SPBU Berbasis NODEMCU dan *Internet Of Things* (IoT) Menggunakan Sensor Ultrasonik dengan Koreksi Temperatur." Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.
- Holman, JP. 2010. *Heat Transfer*, 10th ed. New York: McGraw-Hill Publishers.
- Holman, JP. 2001. "Experimental Methods For Engineer." 8th ed. Department of mechanical engineering: Southern Methodist University.
- Incropera, dkk. 2006. "Fundamentals of Heat and Mass Transfer." Wiley. Diakses pada 15 Maret 2017 dari www.wiley.com/college/incropera
- Istiqlal, Pradyna D. 2016. "Prototipe Sistem Kendali Penggerak *Solar Cell* dengan Dua Lintasan Berbasis Sensor Photodiode dan Mikrokontroler Arduino Uno" Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.

- Kadir, Abdul. 2014. *From Zero To A Pro Arduino Panduan Mempelajari Aneka Proyek Berbasis Mikrokontroler*. Yogyakarta: penerbit Andi Offset
- Kern, D.Q. 1983. "Process Heat Transfer." Mc-Graw Hill.
- Kuswandi, Nandang. 2017. "Prototipe Sistem Pengukuran Laju Kendaraan Bermotor Sebagai Upaya Pengawasan Terhadap Pelanggaran Rambu-rambu Lalu Lintas." Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.
- LeinHard, John.H. 2017. "A Heat Transfer Textbook." 4th ed. Cambridge: University of Houston
- Morris, S Alan. 2001. *Measurement and Instrumentation Principles*. British: Licencing Agency Ltd.
- Nurchaya, Bayu. dkk. 2016. "Sistem Kontrol Kestabilan Suhu Pada Inkubator Bayi Berbasis Arduino Uno dengan Matlab/Simulink." Bali: Universitas Udayana, volume 02 nomor 01 (2016) pp 35 – 42
- Rahulasmoro, Besti. 2015. "Pengertian Makanan Sehat Menurut Pandangan Islam" Diakses pada 26 April 2017 dari www.abiummi.com/pengertian-makanan-sehat-menurut-pandangan-islam/
- Renick, Haliday. 2008. "Fundamentals of Physics." 9th ed. United States of Amerika.
- Stanto, NH. 2014. "Pengendalian Suhu dan Waktu Proses Fermentasi dalam Pembuatan *Yoghurt* Berbasis *Programmable Logic Control* dan *Human Machine Interface*." Malang: Universitas Brawijaya.
- Sugiyono, 2007. "Statistika Untuk Penelitian." Jakarta: Alfabeta.
- Sumarna, 2016. "Percobaan Rangkaian Resistor, Hukum Ohm dan Pembagi Tegangan." Jurdik Fisika FMIPA UNY Yogyakarta. Diakses Pada 26 Januari 2018 dari <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/drs-sumarna-msi-meng/percobaan-rangkaian-resistor-hukum-ohm-pembagi-tegangan.pdf>
- Smith, Kevin. 2006. "Chocolate *Tempering*." Brussels, Belgium: The Confectionery Manufacturing Expo.
- Tipler, Paul A, Gene Mosca. 2008. *Physics for Scientists and Engineers, Volume 1 (6th ed.)*. New York, NY: Worth Publishers.
- Widianto, Rizky. 2014. "Jurnal Pembagi Tegangan." Diakses pada 29 Januari 2018 dari <http://widianorizky.blogspot.co.id/2014/01/jurnal-pembagi-tegangan.html>.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Data karakterisasi sensor suhu RTD PT1000

Hubungan Tegangan dengan Suhu

No.	Suhu	Tegangan I	Tegangan II	Tegangan III	Tegangan IV	Rata-rata	Vmax	Vmin	Vmax-Vmin
1	29	3.31	3.3	3.29	3.3	3.3	3.31	3.29	0.02
2	31	3.3	3.3	3.29	3.3	3.3	3.3	3.29	0.01
3	33	3.29	3.29	3.27	3.29	3.285	3.29	3.27	0.02
4	35	3.28	3.28	3.27	3.28	3.2775	3.28	3.27	0.01
5	37	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	0
6	39	3.26	3.27	3.26	3.27	3.265	3.27	3.26	0.01
7	41	3.26	3.26	3.25	3.26	3.2575	3.26	3.25	0.01
8	43	3.25	3.26	3.25	3.25	3.2525	3.26	3.25	0.01
9	45	3.25	3.25	3.24	3.25	3.2475	3.25	3.25	0
10	47	3.24	3.24	3.23	3.24	3.2375	3.24	3.23	0.01
11	49	3.23	3.23	3.22	3.23	3.2275	3.23	3.22	0.01
12	51	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	0
13	53	3.22	3.21	3.21	3.21	3.2125	3.22	3.21	0.01
14	55	3.21	3.21	3.2	3.21	3.2075	3.21	3.2	0.01
15	57	3.2	3.2	3.19	3.2	3.1975	3.2	3.19	0.01

LAMPIRAN 2**Koefisien korelasi sensor suhu RTD PT1000**

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right) \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right]}}$$

$$r = \frac{15 \times 2092,5 - 31448,6}{\sqrt{[15 \times 28855 - 416025][15 \times 158,5 - 2377,3]}}$$

$$r = -\frac{61,1}{57,96}$$

$$r = -1,054$$

LAMPIRAN 3**Presentase error ripitabilitas**

$$\delta = \frac{\Delta}{F_s} \times 100\%$$

$$\delta = \frac{0,02}{3,3} \times 100\%$$

$$\delta = 0,60\%$$

LAMPIRAN 4**Presentase Ripitabilitas**

$$\text{ripitabilitas} = 100\% - \delta$$

$$\text{ripitabilitas} = 100\% - 0,60\%$$

$$\text{ripitabilitas} = 99,4\%$$

LAMPIRAN 5

Data Uji Coba Sistem Kendali pada Proses *Tempering*

Perulangan	Suhu (°C)												
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
	Pemanas On/Off	Pemanas On/Off	Pemanas On/Off	Pemanas On/Off	Pemanas On/Off	Pemanas On/Off	Pemanas On/Off	Pemanas On/Off	Pemanas On/Off	Pemanas On/Off	Pemanas On/Off	Pemanas On/Off	Pemanas On/Off
1.	On	On	On	On	On	On	On	On	On	Off	Off	Off	Off
2.	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	Off
3.	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	Off
4.	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	Off
5.	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	Off
6.	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	Off
7.	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	Off
8.	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	Off
9.	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	Off
10.	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	On	Off

Jumlah Keberhasilan = 127

Jumlah Pengujian = 130

LAMPIRAN 6**Perhitungan Tingkat Keberhasilan Sistem Kendali**

$$\% \text{ keberhasilan} = \frac{\text{Jumlah keberhasilan alat}}{130} \times 100\%$$

$$= \frac{127}{130} \times 100\%$$

$$= 97,7\%$$

LAMPIRAN 7***Listing Program***

```
#include <LiquidCrystal.h>

// initialize the library with the numbers of the interface pins

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

// constants won't change. They're used here to

// set pin numbers:

const int buttonPin1 = 7; // the number of the pushbutton pin

const int buttonPin2 = 6;

const int buttonPin3 = 9; // the number of the pushbutton pin

const int buttonPin4 = 8;

const int ledPin = 13; // the number of the LED pin

int relay = 10;

int sensor1 = A0;

float r2 = 2200;

float vin=5.0;

int suhuOpt = 30;

int suhuRentang = 3;
```

```
// variables will change:

int buttonState1 = 0;    // variable for reading the pushbutton status

int buttonState2 = 0;

int buttonState3 = 0;    // variable for reading the pushbutton status

int buttonState4 = 0;

void setup() {

    // set up the LCD's number of columns and rows:

    lcd.begin(16, 2);

    // initialize the LED pin as an output:

    Serial.begin(9600);

    pinMode(ledPin, OUTPUT);

    // initialize the pushbutton pin as an input:

    pinMode(sensor1, INPUT);

    pinMode(buttonPin1, INPUT);

    pinMode(buttonPin2, INPUT);

    pinMode(buttonPin3, INPUT);

    pinMode(buttonPin4, INPUT);

    pinMode(relay, OUTPUT);

}

void loop() {

    // read the state of the pushbutton value:
```

```
float bait=analogRead(sensor1);

float vo=(bait)*5/1023;

float v1=(vin/vo);

float x1=(v1*r2);

float r1=x1-r2;

float satas=r1-3.4116;

float suhu=satas/0.0037;

buttonState1 = digitalRead(buttonPin1);

buttonState2 = digitalRead(buttonPin2);

buttonState3 = digitalRead(buttonPin3);

buttonState4 = digitalRead(buttonPin4);

// check if the pushbutton is pressed.

// if it is, the buttonState is HIGH:

if (buttonState1 == HIGH) {

    digitalWrite(ledPin, HIGH);

    suhuOpt = suhuOpt-1;

} else {
```



```
digitalWrite(ledPin, LOW);  
  
}  
  
if (buttonState2 == HIGH){  
  
    digitalWrite(ledPin, HIGH);  
  
    suhuOpt = suhuOpt+1;  
  
}else {  
  
    digitalWrite(ledPin, LOW);  
  
}  
  
if (buttonState3 == HIGH) {  
  
    digitalWrite(ledPin, HIGH);  
  
    suhuRentang = suhuRentang-1;  
  
} else {  
  
    digitalWrite(ledPin, LOW);  
  
}  
  
if (buttonState4 == HIGH){  
  
    digitalWrite(ledPin, HIGH);  
  
    suhuRentang = suhuRentang+1;  
  
}else {  
  
    digitalWrite(ledPin, LOW);  
  
}  
  
}
```

```
int BB = suhuOpt-suhuRentang;

int BA = suhuOpt+suhuRentang;

if (suhu<=BB){

    digitalWrite(relay, LOW);

    Serial.print("harusnya on");

    digitalWrite(ledPin, LOW);

    delay(100);}

else if (suhu>=BA){

    digitalWrite(relay, HIGH);

    Serial.print("harusnya off");

    digitalWrite(ledPin, LOW);

    delay(100);}

else {digitalWrite(ledPin, HIGH);

    delay(100);}

lcd.clear();

Serial.print(suhu);

Serial.print(" ");

Serial.print(suhuOpt);

Serial.print(" ");

Serial.print(suhuRentang);
```

```
Serial.print(" ");  
  
Serial.print(BB);  
  
Serial.print(" ");  
  
Serial.println(BA);  
  
lcd.print("suhu: ");  
  
lcd.print(suhu);  
  
lcd.print("\xdf"); //menampilkan karakter derajat  
lcd.print("C"); //menampilkan karakter C  
  
lcd.setCursor(0,1);  
  
lcd.print("R:");  
  
//lcd.setCursor(9, 1);  
  
//lcd.print("\xdf"); //menampilkan karakter derajat  
//lcd.print("C"); //menampilkan karakter C  
  
lcd.print(suhuRentang);  
lcd.setCursor(4, 1);  
lcd.print("\xdf"); //menampilkan karakter derajat  
lcd.print("C"); //menampilkan karakter C  
  
lcd.setCursor(8,1);  
  
lcd.print("SO:");  
  
lcd.setCursor(12,1);  
  
lcd.print(suhuOpt);
```

```
lcd.print("\xdf"); //menampilkan karakter derajat
```

```
lcd.print("C"); //menampilkan karakter C
```

```
delay(100);
```



CURRICULUM VITAE

Nama : DITA ASTRYANI

Jenis Kelamin : Perempuan

Tempat Tanggal Lahir : Jakarta, 17 Agustus 1994

Alamat : Perum. Bumi Mutiara blok JD
7/1 RT 003 RW 033, Bojong Kulur, Gunung
Putri, Kabupaten Bogor 16969

Golongan Darah : A

Email : ditanyatanya@outlook.com

No. Handphone : 082136059868

Agama : Islam

Kewarganegaraan : Indonesia

Alamat Jogja : GK Sapen I no. 440 RT 25 RW 08 Demangan,
Gondokusuman, Yogyakarta 55221

Riwayat Pendidikan :

2001 – 2006 : SDN Jatiasih VIII, Bekasi

2007 – 2009 : SMP Negeri 30, Bekasi

2010 – 2012 : SMA Yadika 11, Jatirangga Bekasi

2012 – 2018 : UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta

Pengalaman Organisasi :

2013 – 2014 : Himpunan Mahasiswa Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan
Kalijaga, Yogyakarta.

2012 – 2015 : Komunitas Musik Sains dan Teknologi UIN
Sunan Kalijaga Yogyakarta

2014 – Selesai : Studi Club Fisika Instrumentasi

