



TUGAS AKHIR - TE 141599

**RANCANG BANGUN SISTEM KOMPOR DENGAN KONTROL
SUHU TERPROGRAM BERBASIS MIKROKONTROLLER
SEBAGAI PANDUAN MEMASAK**

**IMAM FITRIATNO
NRP 2211 100 132**

**Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Ir. Tasripan, MT.**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - TE 141599

**SYSTEM DEVELOPMENT FOR STOVE WITH
PROGRAMMABLE TEMPERATURE CONTROL
BASED ON MICROCONTROLLER AS A COOKING
GUIDE**

**IMAM FITRIATNO
NRP 2211 100 132**

**Supervisor
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Ir. Tasripan, MT.**

**DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015**

**RANCANG BANGUN SISTEM KOMPOR DENGAN
KONTROL SUHU TERPROGRAM BERBASIS
MIKROKONTROLLER SEBAGAI PANDUAN MEMASAK**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagai Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada
Bidang Studi Elektronika
Jurusan Teknik Elektro**

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
NIP: 19690426199031005

Ir. Tasripan, MT.
NIP: 196204181990031004

**SURABAYA
JULI, 2015**

RANCANG BANGUN SISTEM KOMPOR DENGAN KONTROL SUHU TERPROGRAM BERBASIS MIKROKONTROLLER SEBAGAI PANDUAN MEMASAK

Imam Fitriatno
2211100132

Dosen Pembimbing I : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Dosen Pembimbing II : Ir. Tasripan, MT.

Abstrak:

Memasak pada dasarnya bukan pekerjaan yang sulit. Karena syarat utama memasak adalah mengetahui komposisi dan cara memasaknya. Misalnya, memasak air hanya membutuhkan air yang dipanaskan sampai mendidih, dan masakan lain yang lebih kompleks seperti sayur sop, semur, tumis, dan sebagainya. Menariknya dengan komposisi yang sama setiap orang mempunyai hasil masakan yang berbeda. Ternyata hal tersebut sering ditemui pada orang yang belajar memasak atau belajar resep baru. Beberapa masalah yang sering ditemui pada pemula adalah sulit memperkirakan besar nyala api, sulit mengetahui kematangan masakan, menentukan lama waktu memasak, dan harus mengingat resep dan langkah memasak. Tentu saja hal tersebut sangat merepotkan bagi mereka yang masih pemula.

Oleh sebab itu, dirancanglah kompor dengan suhu terprogram yang juga dapat memandu pemasak, dimana suhu dapat diketahui melalui termokopel. Suhu menjadi referensi mikrokontroller Arduino dalam mengatur besar nyala api melalui motor servo, LCD *display* menjadi panduan dalam memasak berupa langkah memasak yang sudah disediakan, dan *pushbutton* menjadi tombol navigasi pemasak dalam memilih resep masakan. Salah satu contohnya adalah sayur sop, dibutuhkan 5 kali pengaturan waktu dan suhu, yakni ketika memasak wortel, kentang, dan buncis, memasukkan bahan tersisa, memasukkan bumbu, dan mengaduk sayuran sampai matang dimana membutuhkan waktu kurang lebih 15 menit. Pengaturan suhu mulai dari 120 °C, 130 °C, dan 140 °C. Dengan adanya kompor dengan suhu terprogram pemula lebih mudah dalam belajar memasak dan mendapatkan hasil masakan sesuai dengan yang diharapkan.

Kata kunci: kompor, mikrokontroller, sensor suhu.

RANCANG BANGUN SISTEM KOMPOR DENGAN KONTROL SUHU TERPROGRAM BERBASIS MIKROKONTROLLER SEBAGAI PANDUAN MEMASAK

Imam Fitriatno
2211100132

Dosen Pembimbing I : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Dosen Pembimbing II : Ir. Tasripan, MT.

Abstrak:

Memasak pada dasarnya bukan pekerjaan yang sulit. Karena syarat utama memasak adalah mengetahui komposisi dan cara memasaknya. Misalnya, memasak air hanya membutuhkan air yang dipanaskan sampai mendidih, dan masakan lain yang lebih kompleks seperti sayur sop, semur, tumis, dan sebagainya. Menariknya dengan komposisi yang sama setiap orang mempunyai hasil masakan yang berbeda. Ternyata hal tersebut sering ditemui pada orang yang belajar memasak atau belajar resep baru. Beberapa masalah yang sering ditemui pada pemula adalah sulit memperkirakan besar nyala api, sulit mengetahui kematangan masakan, menentukan lama waktu memasak, dan harus mengingat resep dan langkah memasak. Tentu saja hal tersebut sangat merepotkan bagi mereka yang masih pemula.

Oleh sebab itu, dirancanglah kompor dengan suhu terprogram yang juga dapat memandu pemasak, dimana suhu dapat diketahui melalui termokopel. Suhu menjadi referensi mikrokontroller Arduino dalam mengatur besar nyala api melalui motor servo, LCD *display* menjadi panduan dalam memasak berupa langkah memasak yang sudah disediakan, dan *pushbutton* menjadi tombol navigasi pemasak dalam memilih resep masakan. Salah satu contohnya adalah sayur sop, dibutuhkan 5 kali pengaturan waktu dan suhu, yakni ketika memasak wortel, kentang, dan buncis, memasukkan bahan tersisa, memasukkan bumbu, dan mengaduk sayuran sampai matang dimana membutuhkan waktu kurang lebih 15 menit. Pengaturan suhu mulai dari 120 °C, 130 °C, dan 140 °C. Dengan adanya kompor dengan suhu terprogram pemula lebih mudah dalam belajar memasak dan mendapatkan hasil masakan sesuai dengan yang diharapkan.

Kata kunci: kompor, mikrokontroller, sensor suhu.

SYSTEM DEVELOPMENT FOR STOVE WITH PROGRAMMABLE TEMPERATURE CONTROL BASED ON MICROCONTROLLER AS A COOKING GUIDE

Imam Fitriatno
2211100132

Supervisor I : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Supervisor II : Ir. Tasripan, MT.

Abstract:

Cooking is not as hard as it may look, as long as one knows the ingredients and how to prepare them. From the most fundamental process, such as boiling water, which only requires water to be heated until it boils, to more complex dishes such as vegetable soup, stews, stir-fry, et cetera. However, it is interesting that different people using the same ingredients can produce various results. Apparently the aforementioned problem is common in beginner cooks or those trying new recipes. The cause of such problem are that the beginners can't estimate the size of flame.

Therefore, this final project is an effort to resolve that issue. The existing stove system is redesigned with fixed temperature so that it's easier for the user to know their cooking temperature through the thermocouple. Temperature will be a reference for Arduino microcontroller in adjusting the flame through the servo motor, LCD display shows the step-by-step recipe, and a push-button will navigate user in choosing recipes. One of the recipes available in the system is a vegetable soup recipe. It takes 5 times of temperature and time adjustment, which is when the carrots, potatoes, and beans were poured, putting in the remaining ingredients, seasoning, and stirring the vegetables which overall takes approximately 15 minutes. In addition the temperature was adjusted between 120, 130 and 140 Celcius. The programmable temperature and menu of this stove had minimized the difficulties experienced so that cooking can be easier and efficient for all.

Keyword: *Microcontroller, stove, temperature sensor.*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbilalamin, segala puji syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat, berkah, dan hidayah-Nya yang tak terhingga kepada penulis, hingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

RANCANG BANGUN SISTEM KOMPOR DENGAN KONTROL SUHU TEPROGRAM BERBASIS MIKROKONTROLLER SEBAGAI PANDUAN MEMASAK

Tujuan utama tugas akhir ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan pada Bidang Studi Elektronika Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Atas selesainya penyusunan tugas akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Muhammad Rivai, ST., MT. dan Bapak Ir. Tasripan, MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberi bimbingan, kejelasan, nasehat, dan kemudahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT. selaku Ketua Jurusan dan dosen penulis.
3. Ibu dan Bapak yang telah memberi dukungan moril, nasehat, semangat, doa, dan materil. Jasamu tak kan terbayar dengan apapun, semoga anakmu ini bisa membalasnya suatu hari nanti.
4. Adikku Pipit yang juga menjadi motivasi utama dalam mengerjakan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Keluarga asisten Laboratorium Elektronika yang ikut membantu dan menemani dalam segala hal.
6. Teman-teman laboratorium B.402 yang telah ikut memberi semangat, canda tawa, dan saling berbagi ilmu.
7. Teman-teman satu angkatan 2011 reguler Elektro yang menjadi motivasi tersendiri dan teman berbagi cerita dalam suka maupun duka, dan terimakasih banyak atas semangat dan bantuannya dalam masak-memasak.
8. Keluarga kecil ITS EXPO 2014 dan keluarga besar ITS EXPO terima kasih banyak atas dukungan, doa, dan semangat yang telah diberikan selama ini.



9. Serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap para pembaca Tugas Akhir ini bersedia memberikan kritik, saran, dan masukan agar selanjutnya menambah manfaat Tugas Akhir. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan bisa dijadikan referensi bagi Tugas Akhir selanjutnya.

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metodologi Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
1.7 Relevansi	4
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Termokopel	5
2.1.1 Prinsip Kerja Termokopel.....	5
2.1.2 Bagian-Bagian Termokopel.....	7
2.1.3 Hubungan Tegangan dan Suhu	7
2.1.4 Jenis-Jenis Termokopel.....	7
2.1.5 Penggunaan Termokopel	9
2.1.6 Kelebihan dan Kelemahan Termokopel.....	10
2.2 Modul MAX6675	10
2.2.1 Konfigurasi MAX6675	14
2.2.2 Karakteristik MAX6675	15
2.3 Arduino Uno R3	17
2.4 Servo	19
2.4.1 Servo Towerpro MG996R	21
2.5 LCD Display	22
2.6 Kompor Portabel Winn Gass.....	23
2.7 Pemantik Kompor	24
2.8 Titik Didih Zat Cair.....	26

2.8.1	Air	27
2.8.2	Minyak Goreng	27
2.9	Sayuran yang Membutuhkan Pengaturan Khusus	28
2.9.1	Wortel	28
2.9.2	Kentang	29
2.9.3	Buncis	30
2.9.4	Kembang Kol	31
2.9.5	Tomat	32
2.9.6	Brokoli	33
2.10	Kontrol Proporsional Integral	34
2.10.1	Teorema Kontrol Proporsional	34
2.10.2	Teorema Kontrol Integral	35
2.10.3	Teorema Kontrol Proporsional Integral	36
2.10.4	Metode Tuning Kontrol Proporsional Integral	37
BAB III PERANCANGAN SISTEM		39
3.1	Diagram Blok Sistem	39
3.2	Perancangan Perangkat Keras	40
3.3	Perancangan Elektrik Kompor	45
3.3.1	Rangkaian Mikrokontroler Arduino	47
3.3.2	Rangkaian Arduino Shield	47
3.4	Perancangan Sistem Keamanan Kompor	48
3.5	Perencanaan Software pada Sistem	50
3.5.1	Proses Pembacaan Termokopel	51
3.5.2	Proses Scanning Pushbutton	52
3.5.3	Sistem Kontrol Proporsional Integral	53
BAB IV PENGUKURAN DAN ANALISIS SISTEM		55
4.1	Pengujian Perangkat Keras	55
4.1.1	Pengujian Sensor Termokopel	55
4.1.2	Pengujian PCB Board	57
4.1.3	Pengujian Motor Servo	58
4.1.4	Pengujian Nyala Kompor	59
4.1.5	Pengujian Mekanik Pemantik Kompor	60
4.1.6	Pengujian Kontrol Sistem	61
4.2	Pengujian Sistem Keamanan Kompor	65
4.3	Pengujian Memasak	66
4.3.1	Pengujian Memasak Telur	66
4.3.2	Pengujian Memasak Scallop Ikan	73
4.3.3	Pengujian Memasak Roti Bakar	77

4.3.4 Pengujian Memasak Sayur Sop	82
4.4 Evaluasi Sistem	85
BAB V PENUTUP	87
5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA.....	89
LAMPIRAN	91
BIODATA PENULIS.....	111

DAFTAR TABEL

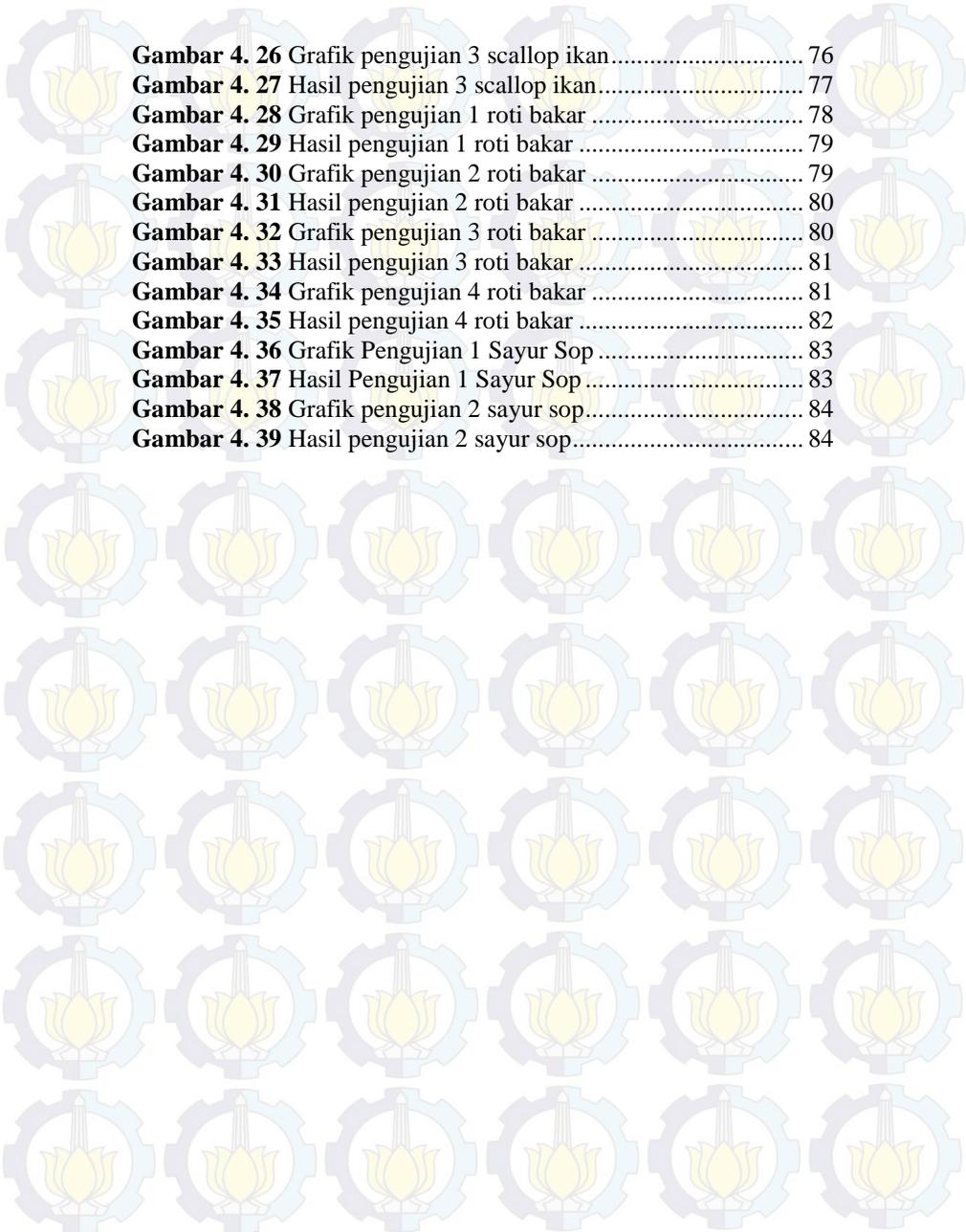
Tabel 2. 1 Tabel referensi termokopel tipe K.....	11
Tabel 2. 2 Tabel perbandingan metode	12
Tabel 2. 3 Tabel keterangan pin MAX6675.....	14
Tabel 2. 4 Tabel keterangan pin MAX6675 (lanjutan)	15
Tabel 2. 5 Spesifikasi Arduino Uno	18
Tabel 2. 6 Spesifikasi Arduino Uno (lanjutan)	19
Tabel 2. 7 Tabel tuning PID metode Ziegler-Nichols	37
Tabel 4. 1 Tabel pengujian nyala kompor memakai pemantik tumbuk.....	60
Tabel 4. 2 Tabel uji nyala kompor memakai pemantik listrik.....	61
Tabel 4. 3 Tabel pengujian telur	67
Tabel 4. 4 Tabel pengujian scallop ikan.....	74
Tabel 4. 5 Tabel pengujian roti bakar	77
Tabel 4. 6 Tabel pengujian sayur sop.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Diagram blok perangkat keras.....	3
Gambar 2. 1	Prinsip kerja termokopel 1	6
Gambar 2. 2	Prinsip kerja termokopel 2	6
Gambar 2. 3	Tampilan termokopel tipe K.....	9
Gambar 2. 4	Konfigurasi pin MAX6675	10
Gambar 2. 5	Modul MAX6675	13
Gambar 2. 6	Pin konfigurasi MAX6675	14
Gambar 2. 7	Aplikasi rangkaian MAX6675	15
Gambar 2. 8	Karakteristik MAX6675 1	16
Gambar 2. 9	Rangkaian MAX6675.....	17
Gambar 2. 10	Arduino Uno R3	18
Gambar 2. 11	Motor servo	19
Gambar 2. 12	Metode pembangkitan motor servo 1	20
Gambar 2. 13	Metode pembangkitan motor servo	21
Gambar 2. 14	Servo Towerpro MG996R.....	22
Gambar 2. 15	LCD <i>display</i> 20x4	22
Gambar 2. 16	Kompur portable Winn gas	23
Gambar 2. 17	Tabung kaleng Winn gas	24
Gambar 2. 18	Pemantik tumbuk.....	25
Gambar 2. 19	Pemantik listrik kompor Winn gas	25
Gambar 2. 20	Pemantik api tumbuk eksternal	25
Gambar 2. 21	Pemantik api listrik eksternal	26
Gambar 2. 22	Rangkaian pemantik api listrik	26
Gambar 2. 23	Diagram blok kontroler proporsional	35
Gambar 2. 24	Diagram blok kontroler integral	36
Gambar 2. 25	Diagram blok kontroler proporsional integral	36
Gambar 2. 26	Metode Tuning Ziegler-Nichols	37
Gambar 2. 27	Reaksi sistem open loop ketika diberi input step....	37
Gambar 3. 1	Diagram blok sistem.....	39
Gambar 3. 2	Penempatan termokopel pada panci teflon	41
Gambar 3. 3	Instalasi servo pada katup kompor	41
Gambar 3. 4	Instalasi pemantik kompor	42
Gambar 3. 5	Rangkaian <i>limit switch</i> terbuka	43
Gambar 3. 6	Rangkaian <i>limit switch</i> tertutup	43
Gambar 3. 7	Instalasi <i>burner</i> pada tungku kompor.....	43
Gambar 3. 8	Kotak rangkaian pemantik listrik	44
Gambar 3. 9	<i>PCB</i> pemantik dan baterai	45

Gambar 3. 10	Desain pemantik modifikasi	45
Gambar 3. 11	Rangkaian catu daya 5 VDC	46
Gambar 3. 12	Rangkaian Mikrokontroller Arduino	47
Gambar 3. 13	Rangkaian Arduino Shield	48
Gambar 3. 14	Tampilan <i>PCB</i> rangkaian elektronik	48
Gambar 3. 15	Pengunci gas tabung	49
Gambar 3. 16	Rangkaian pengaman sistem	50
Gambar 3. 17	Tampilan <i>software</i> Arduino	51
Gambar 3. 18	<i>Flowchart</i> pembacaan suhu	52
Gambar 3. 19	<i>Flowchart scanning pushbutton</i>	53
Gambar 3. 20	<i>Flowchart</i> kontrol proporsional	54
Gambar 3. 21	Kontrol Proporsional Integral pada pada plant	54
Gambar 4. 1	Termometer digital merek "aphua 1300"	55
Gambar 4. 2	Metode kalibrasi suhu	56
Gambar 4. 3	Kalibrasi suhu termometer dengan termokopel	56
Gambar 4. 4	Tampilan utama <i>PCB board</i>	57
Gambar 4. 5	Uji nyala kompor memakai pemantik listrik	61
Gambar 4. 6	Grafik pengujian kontrol proporsional	62
Gambar 4. 7	Metode <i>Ziegler-Nichols</i>	62
Gambar 4. 8	Pengujian kontrol proporsional metode Ziegler- Nichols	64
Gambar 4. 9	Pengujian kontrol proporsional metode Ziegler- <i>Nichols</i>	65
Gambar 4. 10	Grafik pengujian 1 memasak telur	67
Gambar 4. 11	Hasil pengujian 1 memasak telur	68
Gambar 4. 12	Grafik pengujian 2 masak telur	68
Gambar 4. 13	Hasil pengujian 2 memasak telur	69
Gambar 4. 14	Grafik pengujian 3 masak telur	69
Gambar 4. 15	Hasil pengujian 3 memasak telur	70
Gambar 4. 16	Grafik pengujian 4 memasak telur	70
Gambar 4. 17	Hasil pengujian 4 memasak telur	71
Gambar 4. 18	Grafik pengujian 5 masak telur	71
Gambar 4. 19	Hasil pengujian 5 memasak telur	72
Gambar 4. 20	Grafik pengujian 5 memasak telur	72
Gambar 4. 21	Hasil pengujian 6 memasak telur	73
Gambar 4. 22	Grafik pengujian 1 scallop ikan	74
Gambar 4. 23	hasil pengujian 1 scallop ikan	75
Gambar 4. 24	Grafik pengujian 2 scallop ikan	75
Gambar 4. 25	Hasil pengujian 2 scallop ikan	76

Gambar 4. 26	Grafik pengujian 3 scallop ikan.....	76
Gambar 4. 27	Hasil pengujian 3 scallop ikan.....	77
Gambar 4. 28	Grafik pengujian 1 roti bakar	78
Gambar 4. 29	Hasil pengujian 1 roti bakar	79
Gambar 4. 30	Grafik pengujian 2 roti bakar	79
Gambar 4. 31	Hasil pengujian 2 roti bakar	80
Gambar 4. 32	Grafik pengujian 3 roti bakar	80
Gambar 4. 33	Hasil pengujian 3 roti bakar	81
Gambar 4. 34	Grafik pengujian 4 roti bakar	81
Gambar 4. 35	Hasil pengujian 4 roti bakar	82
Gambar 4. 36	Grafik Pengujian 1 Sayur Sop	83
Gambar 4. 37	Hasil Pengujian 1 Sayur Sop	83
Gambar 4. 38	Grafik pengujian 2 sayur sop.....	84
Gambar 4. 39	Hasil pengujian 2 sayur sop.....	84



BIODATA PENULIS



Imam Fitriatno, lahir di Pati 12 April 1992. Penulis memulai jenjang pendidikan di TK Masyitoh, kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah dasar di SDN 01 Cebolek Kidul, setelah lulus SD tahun 2004 penulis melanjutkan ke MTS Raudlatul Ulum Guyangan, lulus SMP pada tahun 2008, penulis kemudian melanjutkan ke MA Raudlatul Ulum Guyangan. Pada tahun 2011 penulis melanjutkan studi jenjang S1 program reguler di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya jurusan

Teknik Elektro bidang studi Teknik Elektronika. Penulis bisa dihubungi melalui alamat email: fitriatno11@mhs.ee.its.ac.id.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beberapa kesalahan yang sering terjadi pada orang yang belajar memasak diantaranya adalah tidak membaca resep, membaca resep di awal memasak sangat penting agar pemasak tidak salah langkah dan mendapatkan hasil masakan yang diinginkan. Kesalahan yang kedua adalah tidak memanaskan panggangan atau panci, banyak pemula yang melewatkan langkah ini, langkah ini sangat penting untuk mendapatkan masakan dengan tingkat kematangan yang pas, dilain itu ketika memanaskan panci harus dengan sedikit minyak atau margarin agar tidak lengket, memanaskannya pun tidak boleh terlalu lama. Kesalahan yang ketiga adalah pemasak terus mengaduk masakan, pemula biasanya sangat gemar mengaduk-aduk masakan, bahkan berulang kali membolak-balik makanan yang sedang digoreng, padahal merupakan tindakan yang tidak perlu dan untuk menjaga terktur masakan diperlukan mengaduk masakan secukupnya saja. Kesalahan yang keempat adalah tidak mencicipi hasil masakannya, tentu saja pemasak tidak akan tahu apakah masakannya berhasil atau tidak apabila dia tidak mencicipi masakannya. Kesalahan lain yang biasanya dilakukan pemula adalah salah memilih peralatan memasak, memakai sayuran yang tidak segar, tidak menambahkan garam, mencampurkan segala komposisi dalam sekali langkah, pengaturan besar nyala api yang terlalu besar atau terlalu kecil, dan masih banyak lagi beberapa kesalahan pemula yang membuat masakannya tidak sesuai dengan yang diinginkan. Tentu saja hal tersebut sangat merepotkan bagi mereka yang masih pemula.

Maka dari itu dibutuhkan alat bantu yang bisa memandu pemula maupun profesional agar mereka tidak perlu bingung lagi dengan ukuran api kompor, khawatir masakan gosong, dan lupa resepnya. Kompor dengan fitur sensor termokopel, suhu dapat diketahui secara *real time* melalui mikrokontroler Arduino, dan juga dapat mengatur nyala api secara otomatis melalui pergerakan servo. Adanya fitur LCD *display* membuat pemasak dapat melihat suhu panci, waktu memasak, dan resep-resep makanan yang sudah disediakan.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana mengambil data suhu panci?
2. Bagaimana mengatur besar api dengan servo?
3. Bagaimana sistem kendali pada mikrokontroler Arduino?
4. Bagaimana fungsi dari *LCD display*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah kompor yang dapat mengontrol suhu panci secara otomatis, memandu pemasak dalam memasak melalui *LCD display*, dan *buzzer* sebagai alarm peringatan bagi pemasak. Sistem kompor dapat diwujudkan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai sistem kontrolnya, sensor suhu menggunakan termokopel, servo sebagai pengatur nyala api, dan *LCD display* sebagai tampilan suhu, *database* resep dan pemandu pengguna. Manfaat dari tugas akhir ini adalah memandu pemasak agar dapat memasak makanan dengan nyaman dan mendapatkan hasil sesuai dengan yang diharapkan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno R3.
2. Sensor suhu yang digunakan adalah termokopel baut tipe K.
3. Pergerakan katup kompor menggunakan servo MG996R.
4. Tampilan display menggunakan *LCD display* 20x4.

1.5 Metodologi Penelitian

Dalam penyelesaian tugas akhir ini digunakan metodologi sebagai berikut:

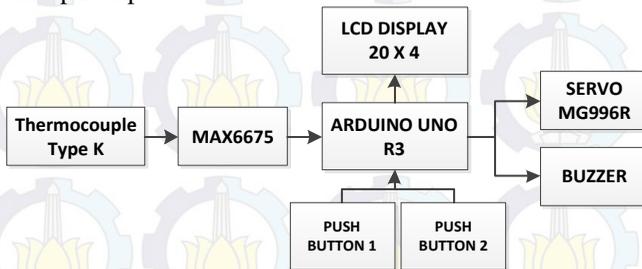
1. Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dasar teori yang menunjang dalam penulisan tugas akhir. Dasar teori ini dapat diambil dari buku-buku, jurnal, *proceeding*, dan artikel-artikel di internet.

2. Perancangan sistem

Setelah mempelajari literatur yang ada, selanjutnya akan dilakukan perancangan sistem. Perancangan sistem terbagi sebagai berikut:

- a. Perancangan Perangkat Keras
Dirancang sebuah perangkat keras berupa kompor gas portable dimana Arduino Uno sebagai controller utama yang terhubung dengan termokopel yang ditempelkan pada panci, *servo* yang terpasang pada katup kompor, *LCD display*, *buzzer*, dan led indicator yang terhubung satu *pcb* dengan shield Arduino Uno R3. *Servo* diletakkan sedemikian rupa sehingga derajat kerja *servo* dapat mengakses semua derajat katup kompor.



Gambar 1. 1 Diagram blok perangkat keras

- b. Perancangan Elektrik Kompor
Pada perancangan elektrik kompor meliputi perancangan rangkaian termokopel, rangkaian mikrokontroler Arduino, rangkaian Arduino *shield*. Setelah masing-masing komponen berfungsi kemudian rangkaian dihubungkan menjadi satu dimana Arduino sebagai pusatnya.
- c. Perancangan Sistem Keamanan Kompor
Sistem keamanan dibuat agar alat lebih aman digunakan baik bagi pembuat alat maupun orang lain yang akan menggunakan alat.
- d. Perencanaan *Software* pada Sistem
Perencanaan *software* dibuat dengan membuat *flowchart* masing-masing fungsi program, kemudian mengujinya satu persatu.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari Lima Bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab 1 : PENDAHULUAN

Bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.

Bab 2 : DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan tentang dasar-dasar teori yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini, yang meliputi teori dasar sensor suhu termokopel, kontrol servo, kontrol proporsional integral, dan pemantik listrik kompor gas, dan *LCD display* 20x4.

Bab 3: PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menjelaskan tentang perencanaan perangkat lunak, perangkat keras, sistem mekanik, sistem elektrik, dan cara kerja sistem melalui tampilan *LCD display*. Bab ini juga berisi menjelaskan tentang prosedur pengujian yang dilakukan dalam penelitian.

Bab 4 : PENGUKURAN DAN ANALISIS SISTEM

Bab ini menjelaskan tentang hasil yang didapat dari pengujian tiap blok sistem secara keseluruhan dan pembahasan hasil pengujian.

Bab 5 : PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan meliputi kekurangan-kekurangan pada kerja alat dari hasil analisa serta saran untuk pengembangan ke depan.

1.7 Relevansi

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat digunakan sebagai alat panduan orang yang belajar memasak.
2. Memudahkan orang dalam memasak, karena tidak perlu lagi mengontrol besar nyala api sehingga bisa fokus pada langkah-langkah resep.

Sebagai dasar penelitian lebih lanjut, agar dapat lebih dikembangkan.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Termokopel

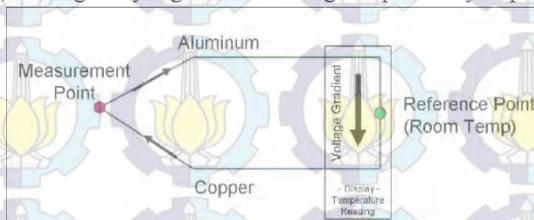
Termokopel adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu menjadi perubahan tegangan listrik (voltase). Termokopel yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1°C .

2.1.1 Prinsip Kerja Termokopel

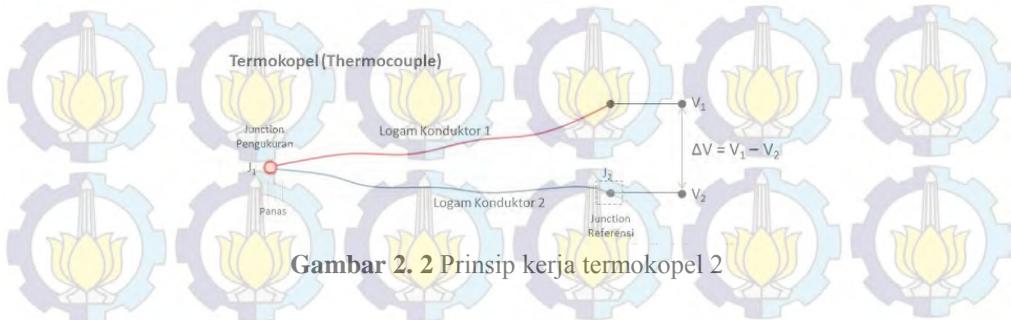
Pada tahun 1821, seorang fisikawan Estonia, Thomas Johann Seebeck menemukan bahwa sebuah konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik, gejala ini disebut termoelektrik atau efek *Seebeck*. Termokopel merupakan suatu rangkaian yang tersusun dari dua buah logam yang masing-masing mempunyai koefisien muai panjang berbeda yang dihubungkan satu dengan yang lain pada ujung-ujungnya. Jika pada kedua titik hubung kedua logam ada perbedaan temperatur maka timbullah beda potensial yang memungkinkan adanya arus listrik di dalamnya. Konduktor akan mengalami gradiasi suhu, dan mengalami perubahan tegangan secara berkebalikan dengan perbedaan temperatur obyek. Perbedaan tegangan berkisar antara 1 sampai dengan 70 mikrovolt tiap derajat celsius.

Untuk membuat temperatur obyek dapat terukur, salah satu dari 2 konduktor dijaga suhunya dan digunakan sebagai temperatur referensi, biasanya temperatur disamakan dengan suhu ruangan, sedangkan ujung yang lain dihubungkan dengan obyek pengukuran. Untuk memahami bagaimana sebuah sambungan logam pada termokopel dapat menimbulkan tegangan listrik dapat ditinjau dari sisi pergerakan atom-atom logam yang digunakan pada termokopel. Suatu logam apabila dipanaskan maka akan mengalami pemuaian, baik memuai panjang maupun memuai lebar (volume). Pemuaian ini

diakibatkan oleh pergerakan atom-atom atau elektron dari suhu tinggi menuju suhu yang lebih rendah, pergerakan ini banyak sedikitnya atau cepat lambatnya tergantung pada bahan logam itu sendiri, artinya logam satu dengan satu dengan logam lainnya memiliki kecepatan muai yang berbeda-beda. Hal ini dapat diamati pada bimetal (dua keping logam yang disambungkan) ketika bimetal dipanaskan maka yang tadinya lurus akan membengkok ke arah logam yang pemuaiannya lebih lambat. Jadi, pada logam termokopel yang berbeda jenis akan memiliki kecepatan alir elektron yang berbeda pula. Hal inilah yang kemudian menyebabkan perbedaan potential di ujung-ujung logam tersebut, dimana telah dihubungkan ke alat arus listrik sehingga timbul tegangan listrik di ujung-ujung logam tersebut. Termokopel banyak digunakan sebagai alat ukur suhu di dunia industri, salah satu keuntungannya yaitu mampu mengukur suhu yang sangat tinggi dan juga suhu rendah. Termokopel merupakan sebuah alat yang biasa digunakan untuk mengukur suhu yang pada umumnya sebagai termometer digital, karena termokopel memiliki output berupa arus listrik sehingga pengkonversinya dapat secara digital. Pada banyak aplikasi salah satu sambungan-sambungan yang dingin dijaga sebagai temperatur referensi, sedangkan yang lain dihubungkan pada obyek pengukuran.

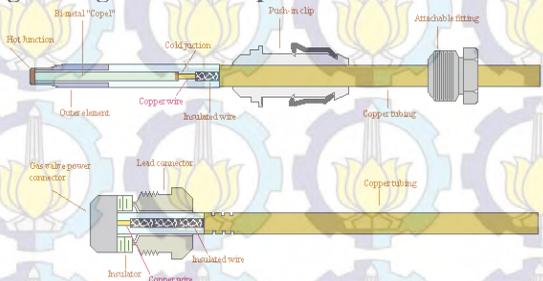


Gambar 2. 1 Prinsip kerja termokopel 1



Gambar 2. 2 Prinsip kerja termokopel 2

2.1.2 Bagian-Bagian Termokopel



Gambar 2.3 Bagian-bagian termokopel

Adapun bagian-bagian utama termokopel terdiri dari *jack* yang menghubungkan antara termokopel dengan kabel termokopel dan *stick* yang terdiri dari dua buah logam sebagai variabel pendeteksi suhu.

2.1.3 Hubungan Tegangan dan Suhu

Hubungan antara perbedaan suhu dengan tegangan yang dihasilkan termokopel bukan merupakan fungsi linier melainkan fungsi interpolasi polinomial. Secara matematis perubahan tegangan dapat ditunjukkan dengan rumus:

$$V = \alpha (T1 - Tref) \quad (2. 1)$$

Keterangan:

V = Tegangan terukur

α = Koefisien *seebeck*

T1 = Suhu terukur

Tref = Suhu referensi

Dimana koefisien *seebeck* didapatkan berdasarkan tipe dari termokopel.

2.1.4 Jenis-Jenis Termokopel

Termokopel tersedia dalam berbagai ragam rentang suhu dan jenis bahan. Pada dasarnya, gabungan jenis-jenis logam konduktor

yang berbeda akan menghasilkan rentang suhu operasional yang berbeda pula. Berikut ini adalah jenis-jenis atau tipe termokopel yang umum digunakan berdasarkan Standar Internasional:

1. Tipe K (*Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy)*)
Bahan logam konduktor positif adalah *Nickel-Chromium*, sedangkan bahan logam konduktor negatif adalah *Nickel-Aluminium*. Termokopel tipe K paling sering digunakan karena lebih murah, tersedia untuk rentang suhu $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. Tipe E (*Chromel / Constantan (Cu-Ni alloy)*)
Bahan logam konduktor positif adalah *Nickel-Chromium*, sedangkan bahan logam konduktor negatif *Constantan*. Tipe E memiliki output yang besar ($68\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) membuatnya cocok digunakan pada temperatur rendah. Properti lainnya tipe E adalah tipe non magnetik. Tersedia untuk rentang suhu $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+900\text{ }^{\circ}\text{C}$.
3. Tipe J (*Iron / Constantan*)
Bahan logam konduktor positif besi, sedangkan bahan logam konduktor negatif *Constantan*. Rentangnya terbatas ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+750\text{ }^{\circ}\text{C}$) membuatnya jarang dipakai dibandingkan tipe K. Tipe J memiliki sensitivitas sekitar $\sim 52\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.
4. Tipe N (*Nicrosil (Ni-Cr-Si alloy) / Nisil (Ni-Si alloy)*)
Bahan logam konduktor positif *Nicrosil*, sedangkan bahan logam konduktor negatif *Nisil*. Termokopel tipe N memiliki sifat yang stabil dan tahanan yang tinggi terhadap oksidasi membuat tipe N cocok untuk pengukuran suhu yang tinggi tanpa platinum. Tersedia untuk rentang suhu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+1250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sensitifitasnya sekitar $39\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ pada $900\text{ }^{\circ}\text{C}$, sedikit di bawah tipe K. Tipe N merupakan perbaikan tipe K.
5. Tipe B (*Platinum-Rhodium / Pt-Rh*)
Termokopel tipe B, R, dan S adalah termokopel logam mulia yang memiliki karakteristik yang hampir sama. Mereka adalah termokopel yang paling stabil, tetapi karena sensitivitasnya rendah (sekitar $10\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) mereka biasanya hanya digunakan untuk mengukur temperatur tinggi ($>300\text{ }^{\circ}\text{C}$).
Termokopel tipe B cocok digunakan untuk mengukur suhu di atas $1800\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tipe B memberi output yang sama pada suhu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ sehingga tidak dapat dipakai di bawah suhu $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.
6. Tipe R (*Platinum / Platinum dengan 7% Rhodium*)

Termokopel tipe R cocok digunakan untuk mengukur suhu di atas 1600 °C. sensitivitas rendah ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum.

7. Tipe S (*Platinum / Platinum* dengan 10% *Rhodium*)

Termokopel tipe S cocok digunakan untuk mengukur suhu di atas 1600 °C. sensitivitas rendah ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum. Karena stabilitasnya yang tinggi Tipe S digunakan untuk standar pengukuran titik leleh emas (1064.43 °C).

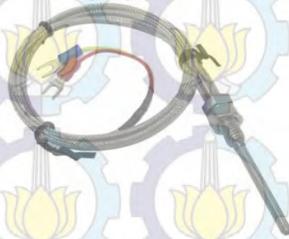
8. Tipe T (*Copper / Constantan*)

Termokopel tipe T cocok untuk pengukuran antara -200 to 350 °C. Konduktor positif terbuat dari tembaga, dan yang negatif terbuat dari *Constantan*. Sering dipakai sebagai alat pengukur alternatif sejak penelitian kawat tembaga. Tipe T memiliki sensitivitas $\sim 43 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

9. Tipe U (kompensasi tipe S dan tipe R)

Bahan logam konduktor positif *Copper* (tembaga), sedangkan bahan logam konduktor negatif *Copper-Nickel*. Tersedia untuk rentang suhu 0 °C hingga +1450 °C [1].

Sedangkan pada tugas akhir kali ini termokopel yang digunakan adalah termokopel jenis K.



Gambar 2. 3 Tampilan termokopel tipe K

2.1.5 Penggunaan Termokopel

Termokopel paling cocok digunakan untuk mengukur rentangan suhu yang luas, hingga 2300°C. Sebaliknya, kurang cocok untuk pengukuran dimana perbedaan suhu yang kecil harus diukur dengan akurasi tingkat tinggi, contohnya rentang suhu 0 sampai 100 °C dengan keakuratan 0.1 °C, untuk rentang suhu tersebut Termistor dan RTD lebih cocok. Adapun contoh penggunaan termokopel yang

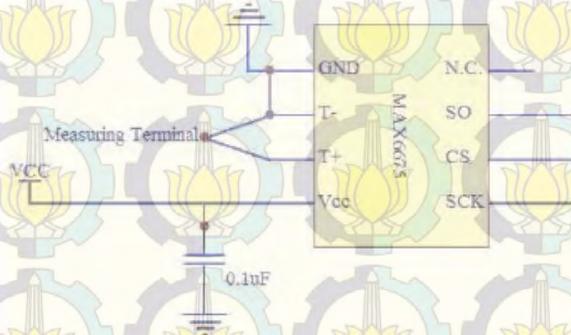
sering dipakai adalah pada industri besi dan baja, pengaman pada alat-alat pemanas, *termopile* sensor radiasi, dan pembangkit listrik tenaga panas radioisotop yang merupakan salah satu aplikasi isotop.

2.1.6 Kelebihan dan Kelemahan Termokopel

Kelebihan dan termokopel adalah rentang suhu yang diukur, jadi termokopel mampu mengukur suhu yang sangat tinggi yakni 1800 °C dan juga suhu sangat rendah 200 °C. Namun kelemahannya termokopel tidak dapat mengukur suhu awal dari suatu termometer karena termokopel tidak dapat dikalibrasi, sehingga ketika termokopel dinyalakan langsung membaca suhu ruangan.

2.2 Modul MAX6675

MAX6675 merupakan rangkaian kompensasi termokopel dan juga berfungsi mendigitalkan sinyal dari termokopel tipe K. Data output dalam resolusi 12 bit, Serial Pin Input (SPI *compatible*), dengan format data *read-only*. Kompensator ini memiliki ketelitian suhu mencapai 0,25 °C dan dapat membaca suhu mencapai 1024 °C, dan menunjukkan akurasi termokopel dari 8 LSBs (*Least significant bit*) untuk suhu mulai 0 °C hingga 700 °C.



Gambar 2. 4 Konfigurasi pin MAX6675 [2]

Seperti pada gambar 2.4 kompensator MAX6675 menerima sinyal analog dari termokopel tipe K dan mengkonversi ke sinyal digital yang kemudian diproses didalam mikrokontroler. Termokopel tipe K

nanti membaca suhu mulai dari 0 °C hingga 1023.75 °C. Sedangkan data output dari MAX6675 adalah 12 bit, jadi nominal terkecilnya adalah 0 yang merupakan representasi dari 0 °C dan nilai digital terbesarnya adalah 4095 yang merupakan representasi dari 1023.75 °C. Jadi persamaan hubungan antara nilai digital dengan temperatur adalah:

$$\text{Temperatur} = 1023.75 \times \frac{\text{nilai digital}}{4095} \quad (2.2)$$

Seiring dengan meningkatnya suhu variasi perubahan tegangannya adalah tidak linier. Dengan menerapkan metode rumus 2.2 variasi perubahan tegangan yang tidak linier dapat dihindari terutama ketika sudah mencapai zona suhu tinggi. Ada juga metode lain berfungsi untuk mengoptimalkan pengolahan data dan memperoleh presisi tinggi, metode ini disebut tabel *Lookup*. Tegangan dari termokopel tipe K yang diperoleh dari nilai digital MAX6675 sesuai dengan hubungan yang disamakan (10.25 μV/LSB) dapat ditentukan dalam interval suhu-tegangan secara pasti berdasarkan tabel referensi termokopel (tabel suhu-tegangan). Berdasarkan analisa data rata-rata sistem dapat memberikan nilai presisi yang cukup tinggi. Adapun tabel referensi termokopel tipe K adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Tabel referensi termokopel tipe K [3]
Thermoelectric Voltage in Millivolts

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357	0.397
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758	0.798
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.163	1.203
30	1.203	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.530	1.571	1.612
40	1.612	1.653	1.694	1.735	1.776	1.817	1.858	1.899	1.941	1.982	2.023
50	2.023	2.064	2.106	2.147	2.188	2.230	2.271	2.312	2.354	2.395	2.436
60	2.436	2.478	2.519	2.561	2.602	2.644	2.685	2.727	2.768	2.810	2.851
70	2.851	2.893	2.934	2.976	3.017	3.059	3.100	3.142	3.184	3.225	3.267
80	3.267	3.308	3.350	3.391	3.433	3.474	3.516	3.557	3.599	3.640	3.682
90	3.682	3.723	3.765	3.806	3.848	3.889	3.931	3.972	4.013	4.055	4.096
100	4.096	4.138	4.179	4.220	4.262	4.303	4.344	4.385	4.427	4.468	4.509

Berdasarkan tabel 2.1 prosedur dari metode kedua ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai_tegangan = Nilai_digital/0.01025 mV/LSB
2. Nilai_tegangan \in (Nilai_tegangan_i, Nilai_tegangan_j), dengan interval temperatur,

$$T \in (T_i, T_j), T_j = T_i + 1 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (2.3)$$

Nilai_digital_{ij} = Nilai_tegangan_j – Nilai_tegangan_i,

Dalam interval perubahan temperatur ini, rasio perubahan tegangan per 0.1 $^\circ\text{C}$ adalah

$$R = \text{Nilai_digital}_{ij} / 10; \quad (2.4)$$

Menentukan zona suhu:

$$T = T_i + (\text{Nilai_tegangan} - \text{Nilai_tegangan}_i) / R \times 0.1 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.5)$$

Keterangan:

T = suhu aktual yang belum diketahui ($^\circ\text{C}$)

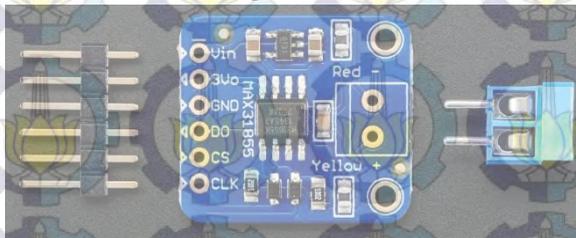
Nilai_tegangan = tegangan dari suhu aktual (μV)

Sesuai dengan analisa rumus, adapun tiga lapisan perbandingan suhu antara rumus dengan tabel *Look-up* adalah:

Tabel 2. 2 Tabel perbandingan metode [2]

Zone	Digital_value	Formula Temperature (°C)	Look-Up Table Temperature (°C)	Proportional error
Low	80	20	20.6	3%
	120	30	30.7	2.3%
	160	40	40.7	1.75%
	320	80	80.4	0.5%
Medium	800	200	201.6	0.8%
	960	240	242.3	1.15%
	1120	280	282.4	0.86%
	1200	300	302.2	0.73%
high	2700	675	665.5	1.41%
	2720	680	670.3	1.43%
	2760	690	680.0	1.45%
	2800	700	689.8	1.46%

Dengan cara mengetahui voltase eror proporsional, hal itu menunjukkan bahwa semakin tinggi atau rendahnya suatu suhu menunjukkan semakin besar perbedaan eror proporsional terjadi. Pada zona suhu rendah eror proporsional mencapai 3% sedangkan pada zona suhu tinggi hanya mencapai 1.4%. Rentang akurasi termokopel dari 8 LSB adalah 0 °C hingga 700 °C. MAX6675 juga tersedia dalam bentuk kecil, 8 pin SO (*small outline*) IC.



Gambar 2. 5 Modul MAX6675
(<http://www.adafruit.com/product/269>)

Aplikasi dari MAX6675 diantaranya adalah pada peralatan industri, peralatan rumah tangga, dan teknologi pendinginan dalam ruangan HVAC (*heating, ventilating, dan air conditioining*). Secara fitur-fitur dari MAX6675 adalah dapat mengkonversi digital secara langsung

dari output termokopel tipe K, kompensasi *cold junction, compatible serial interface*, data 12 bit dengan resolusi 0.25 °C, deteksi termokopel yang terbuka.

MAX6675 mengkonversi sinyal termokopel ke dalam bentuk voltase yang kompatibel dengan saluran inputan ADC. Pin input T+ dan T- dihubungkan dengan rangkaian internal untuk mengurangi gangguan dari kabel termokopel. Sebelum mengkonversi tegangan termokopel ke dalam persamaan nilai suhu, MAX6675 butuh untuk mengkompensasi perbedaan antara *cold-junction* dan referensi virtual 0 °C. Untuk termokopel tipe K perubahan tegangannya adalah 41µV/°C, dimana untuk mendekati karakteristik termokopel menggunakan persamaan rumus:

$$V_{out} = (41\mu V/^{\circ}C)5(T_R - T_{AMB}) \quad (2.6)$$

Keterangan:

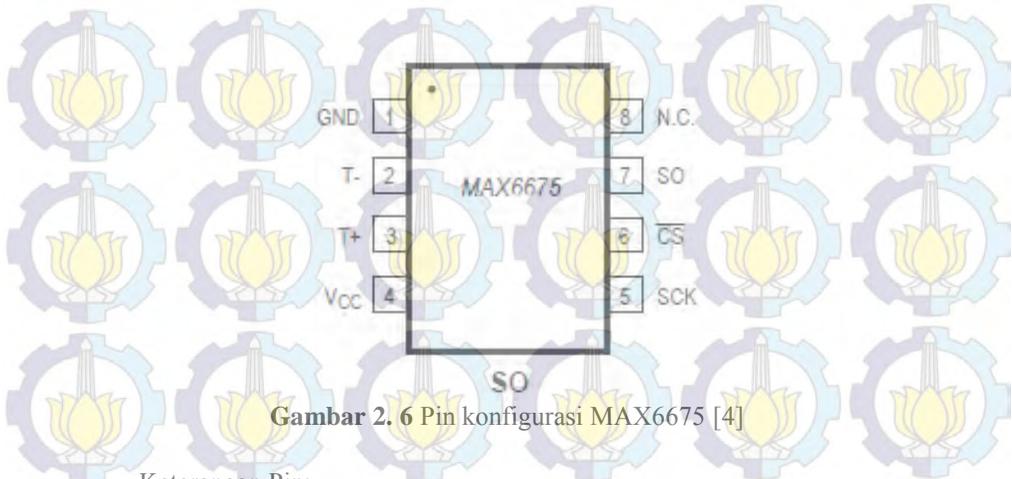
V_{out} : tegangan output termokopel (µV)

T_R : suhu dari *junction* termokopel

T_{AMB} : suhu terukur

Akurasi dari modul MAX6675 rentan terhadap *noise* sumber tegangan, maka dari itu untuk mengurangi pengaruh *noise* sumber tegangan dikasih kapasitor keramik 0.1µF yang dekat dengan pin sumber tegangan. Dalam beberapa aplikasi pemanasan komponen MAX6675 sendiri mempengaruhi akurasi pengukuran suhu, besarnya kesalah bergantung terhadap konduktivitas suhu dari MAX6675, dan efek udara dari luar juga pengaruh. Sedangkan untuk meningkatkan akurasi pengukuran suhu digunakan bidang *ground* yang besar atau luas. Sedangkan untuk mengurangi *Pick-Up noise* memakai penguat input berupa *low-noise amplifier* yang didesain untuk mendapatkan akurasi penginderaan input yang tinggi [4].

2.2.1 Konfigurasi MAX6675



Gambar 2. 6 Pin konfigurasi MAX6675 [4]

Keterangan Pin:

Tabel 2. 3 Tabel keterangan pin MAX6675

PIN	NAMA	FUNGSI
1	GND	Ground
2	T-	Alumel timbal termokopel tipe K, harus dihubungkan ke ground eksternal.
3	T+	Chromel timbal termokopel tipe K.

Tabel 2. 4 Tabel keterangan pin MAX6675 (lanjutan)

4	V _{cc}	Sumber tegangan positif, <i>bypass</i> dengan 0.1 μ F, kapasitor, dan GND.
5	SCK	<i>Serial Clock Input</i>
6	CS	<i>Chip select</i> , atur CS aktif low untuk mengaktifkan <i>serial interface</i> .
7	SO	<i>Serial data output</i>
8	N.C.	<i>No connection</i>

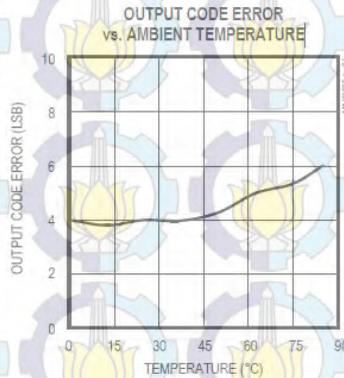


Gambar 2. 7 Aplikasi rangkaian MAX6675 [4]

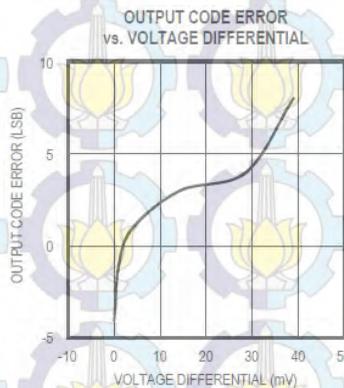
Modul MAX6675 memiliki dua pin input yakni T+ dan T- yang dihubungkan dengan ujung-ujung termokopel, dan 5 pin output yang mengeluarkan data digital pada mikrokontroler.

2.2.2 Karakteristik MAX6675

Adapun karakteristik modul MAX6675 adalah dimulai dari sumber tegangan, rentangan voltase yang mampu diterima adalah -0.3V hingga +6V. Sedangkan pin SO, SCK, CS, T-, T+ rentangan voltase yang mampu diterima adalah -0.3V hingga +0.3V, dan input arus pin SO adalah 50 mA. Dan karakteristik hubungan suhu dan perbedaan tegangan dengan eror output adalah:

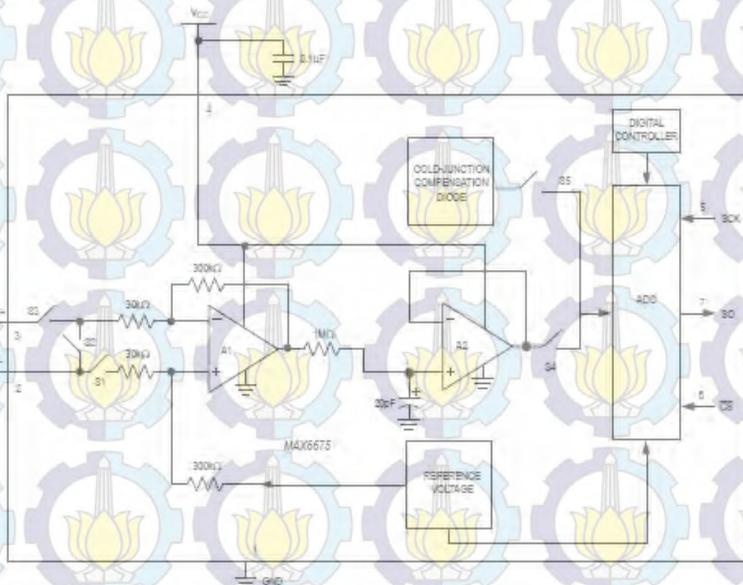


Gambar 2. 8 Karakteristik MAX6675 1 [4]



Gambar 2.8 Karakteristik MAX6675 2 [4]

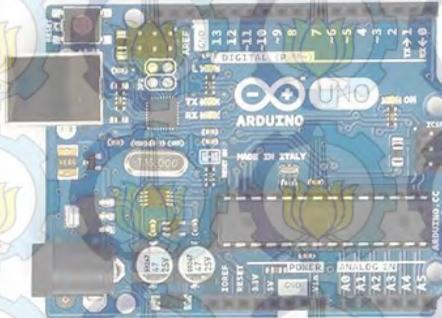
MAX6675 adalah sebuah modul kompensator termokopel tipe K yang didalamnya berupa rangkaian, adapun rangkaian modul MAX6675 adalah:



Gambar 2. 9 Rangkaian MAX6675 [4]

2.3 Arduino Uno R3

Arduino UNO adalah sebuah *miniboard* berbasis mikrokontroler ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (pin 0-13) yang terdiri dari 6 pin input analog (pin 0-5) yang biasa digunakan untuk membaca tegangan dari sensor dan mengkonversikannya menjadi nilai 0 dan 1023, 6 pin output analog (pin 3, 5, 6, 9, 10, 11) yang digunakan untuk pengaturan PWM (*Pulse Width Modulation*), sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO dapat dioperasikan dengan menggunakan *port* USB komputer, USB *charger*, atau adaptor AC-DC dengan tegangan yang direkomendasikan 9 Volt [5].

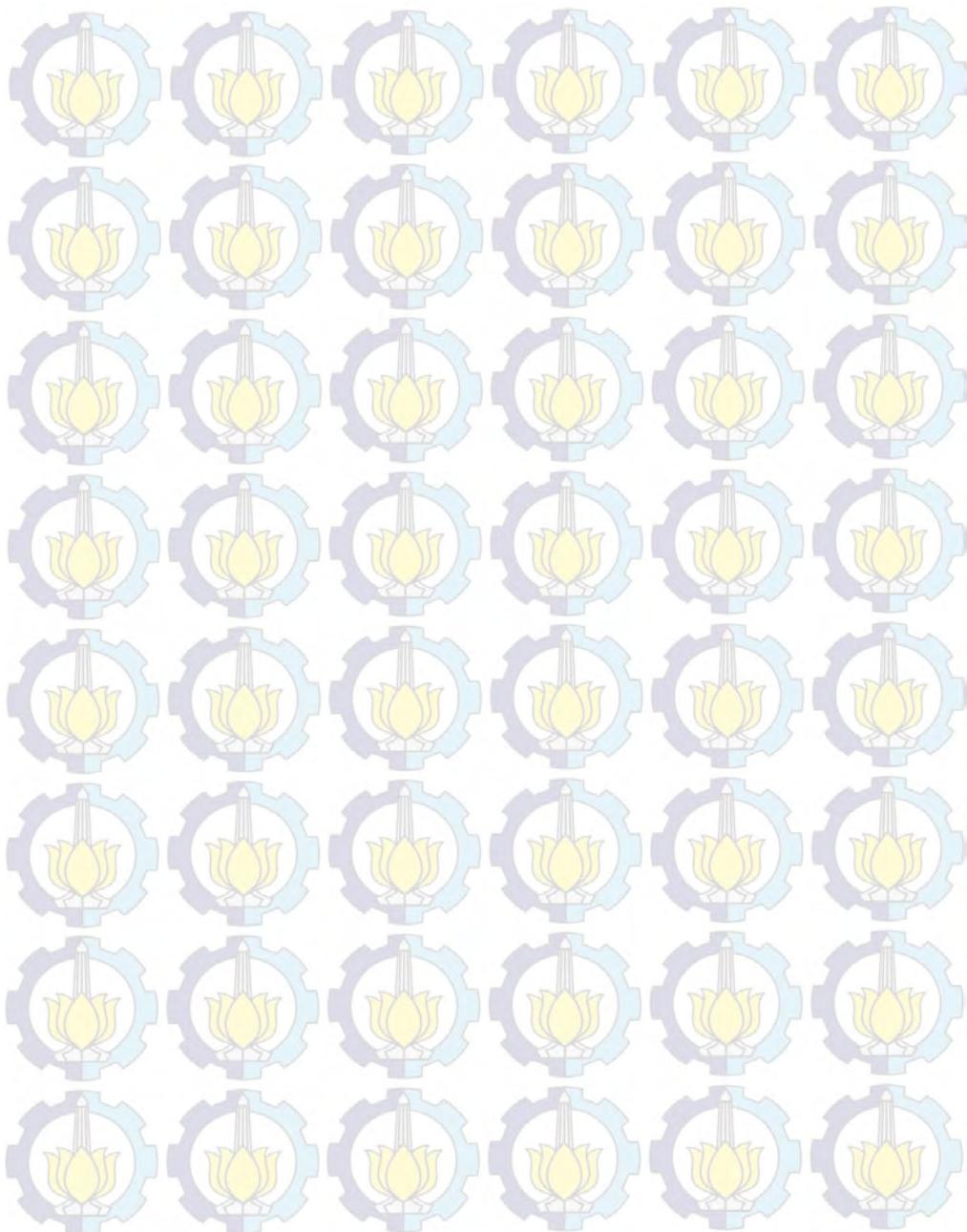


Gambar 2. 10 Arduino Uno R3
(www.arduino.cc)

Ada banyak sekali jenis-jenis Arduino seperti Arduino Uno, Duemilanove, Diecimila, NG Rev. C, Nuova Generazione, USB, Arduino Serial, Mega, FIO, Lilypad, BT, Nano, dan Arduino Mini. Setiap jenis Arduino mempunyai fungsi dan aplikasi masing-masing, disini Arduino yang digunakan adalah Arduino Uno R3 atau Arduino yang paling umum karena menggunakan perangkat komunikasi kabel USB yang kompatibel dengan laptop atau komputer. Adapun tabel spesifikasi mikrokontroler Arduino adalah:

Tabel 2. 5 Spesifikasi Arduino Uno

<i>Microcontroller</i>	ATmega328
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage</i>	7-12V
<i>Input Voltage</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	14 (of which 6 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATmega328)
<i>SRAM</i>	2 KB (ATmega328)



Tabel 2. 6 Spesifikasi Arduino Uno (lanjutan)

EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

2.4 Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup sehingga dapat diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor tersebut. Penggunaan sistem kontrol rangkaian tertutup pada motor servo berguna untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir dari poros motor servo. Penjelasan sederhananya posisi poros output akan disensor untuk mengetahui posisi poros sudah tepat seperti yang diinginkan atau belum, dan jika belum maka kontrol akan mengirim sinyal kontrol untuk membuat posisi poros tersebut tepat pada posisi yang diinginkan.



Gambar 2. 11 Motor servo [6]

Terdapat 3 kabel yaitu *ground*, *Vcc*, dan *data*. Jenis motor servo adalah motor servo standar 180° dan motor servo *continuous*. Motor servo standar 180° mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total sudut dari kanan-tengah-kiri adalah 180°. Motor servo *continuous* mampu

bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara berkelanjutan). Ada beberapa aplikasi dari motor servo misalnya sebagai manipulator, penggerak kamera, lengan robot, dan lain-lain.

Pengendalian gerakan motor servo dapat dilakukan dengan metode pengaturan T_{on} . Teknik ini menggunakan sistem lebar pulsa untuk mengendalikan putaran motor servo. Semakin kecil T_{on} , maka semakin ke kiri posisi sudut. Semakin besar T_{on} semakin ke kanan posisi sudut. Berikut sistem sinyal pada motor servo dijelaskan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. 12 Metode pembangkitan motor servo 1 [6]

Pada gambar 2.12 pergerakan motor servo ke kanan atau ke kiri tergantung dari T_{on} yang diberikan. Jika T_{on} yang diberikan antara 500 μs sampai 600 μs sudut yang terbentuk antara 0 sampai 10°. Jika diberikan T_{on} antara 1400 μs sampai dengan 1600 μs sudut yang terbentuk antara 90°. Jika diberikan $T_{on} > 2000$ sudut yang terbentuk $> 120^\circ$. Salah satu perbedaan utama antara motor servo dan motor *stepper* adalah bahwa motor servo dijalankan dengan menggunakan kontrol sehingga ketika servo bergerak, servo akan mengenali keadaan sebelumnya dan sekarang. Beda hal untuk motor *stepper*, motor ini tidak ada sensor posisi untuk bergerak.

Beberapa kelebihan motor servo dibandingkan dengan motor *stepper* adalah:

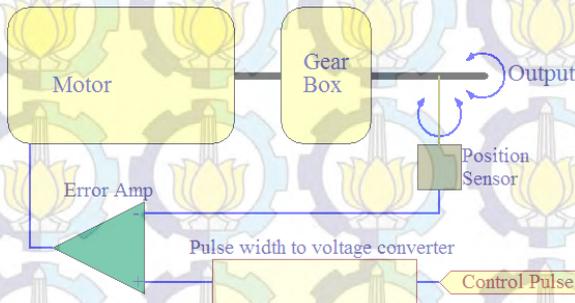
1. Torsi awal yang tinggi.

2. Torsi tinggi untuk *inertia ratio*.
3. Kecepatannya tinggi.
4. Bekerja baik untuk kontrol kecepatan.
5. Tersedia dalam banyak ukuran.
6. Tidak menimbulkan suara keras atau bising.

Sedangkan beberapa kekurangan motor servo dibandingkan dengan motor *stepper* adalah:

1. Lebih mahal daripada motor *stepper*.
2. Tidak dapat bekerja dengan sistem *open loop*, dibutuhkan umpan balik.
3. Memerlukan penyesuaian parameter-parameter *control loop*.
4. Memerlukan pemeliharaan yang lebih karena adanya *brush* pada motor DC.

Motor servo terdiri dari beberapa bagian utama, yakni motor dan *gearbox*, sensor posisi, *error amplifier* dan motor *driver* serta rangkaian yang mengkode posisi yang diminta.



Gambar 2. 13 Metode pembangkitan motor servo (<http://www.digitalnemesi.com/info/docs/rcservo>)

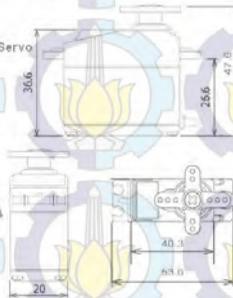
2.4.1 Servo Towerpro MG996R

Servo tipe ini merupakan servo standar berkecepatan tinggi yang mampu berotasi kira-kira 120 derajat. Servo dapat diprogram menggunakan berbagai macam kode program, perangkat keras, maupun *library*. Arsitektur mekanik servo ini memakai dua piringan *gear* berbahan logam pada *gearbox*-nya. Memiliki berat 55 gram, dengan torsi 8.5 kg.cm pada catu daya 4,8 Volt, dan 10 kg.cm pada catu daya 6 Volt. Servo dapat beroperasi pada tegangan 4,5 – 7,2 Volt,

dan pada suhu $0^{\circ} - 55^{\circ} \text{ C}$. Spesifikasi kabelnya untuk data pwm berwarna orange, Vcc berwarna merah, dan kabel *ground* berwarna cokelat.

MG996R

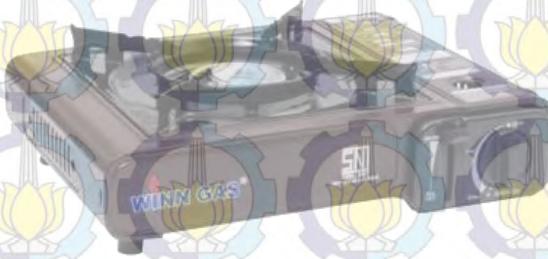
Metal Gear Dual Ball Bearing Digital Servo



Gambar 2. 14 Servo Towerpro MG996R
(www.aliexpress.com)

2.5 LCD Display

LCD adalah kepanjangan dari *liquid crystal display*, adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah banyak digunakan di berbagai bidang misalnya dalam perangkat elektronik misal televisi, kalkulator, dan layar komputer. Dan sekarang ini LCD mendominasi jenis tampilan untuk komputer maupun laptop karena membutuhkan daya listrik yang rendah, bentuknya yang tipis, mengeluarkan sedikit panas, dan memiliki resolusi tinggi. Namun pada tugas akhir ini LCD yang dipakai adalah LCD standar yang dipakai pada praktikum dasar rangkaian listrik, dan hanya mempunyai satu warna, dengan dimensi piksel 20x4. Adapun spesifikasi LCD ini mempunyai 5x8 dot/piksel, sumber tegangan +5 Volt, 1/16 *duty cycle*, dan ada LED *backlight*.



Gambar 2. 16 Kompor portable Winn gas



Gambar 2. 17 Tabung kaleng Winn gas

2.7 Pemantik Kompor

Ada tiga jenis sumber daya penyalan api pada kompor gas, yaitu pemantik tumbuk, batu baterai, dan aliran listrik. Kelebihan kompor gas dengan penyalan api yang bersumber dari pemantik tumbuk, jadi tidak membutuhkan sumber dari luar, dan jika ada kerusakan pemantik bisa langsung diganti yang baru. Sedangkan kelebihan pemantik kompor gas yang penyalan apinya bersumber dari batu baterai atau listrik tidak menimbulkan suara berisik saat kompor dinyalakan. Namun jika kumparannya mengalami kerusakan, sulit untuk mencari gantinya dan harganya yang cukup mahal.

Perbedaan utama antara pemantik tumbuk dengan kumparan terletak pada cara menyalakan tungku kompor. Kompor yang menggunakan pemantik tumbuk menyala oleh sambaran api yang keluar dari pipa penyulut. Sedangkan kompor yang menggunakan kumparan langsung

menyala oleh loncatan listrik yang timbul dari jarum elektroda yang terletak dekat dengan tungku pembakar. Secara umum ada dua jenis kompor gas yang banyak dipakai masyarakat, yakni kompor gas meja dan kompor gas oven [7]. Sedangkan kompor yang dipakai pada tugas akhir ini adalah jenis kompor gas meja karena yang paling umum dan paling banyak digunakan. Adapun tampilan pemantik yang biasanya ditemui di pasaran adalah:



Gambar 2. 18 Pemantik tumbuk [7]



Gambar 2. 19 Pemantik listrik kompor Winn gas

Di lain sisi pemantik api juga ada yang tidak menyatu dengan kompor, yakni pemantik api serba guna. Jenisnya juga ada dua, yang menggunakan pemantik tumbuk dan menggunakan listrik.

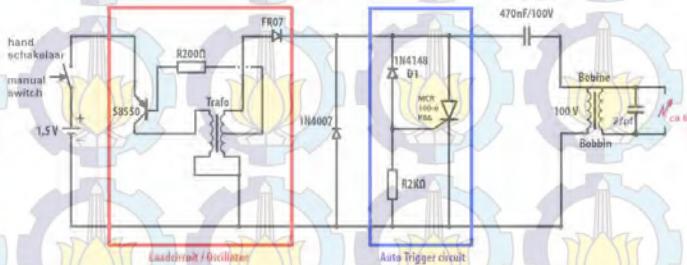


Gambar 2. 20 Pemantik api tumbuk eksternal



Gambar 2. 21 Pemantik api listrik eksternal
(www.acehardware.com)

Untuk pemantik listrik yang menggunakan baterai memiliki rangkaian yang terdiri dari komponen elektronik, adapun rangkaiannya adalah:



Gambar 2. 22 Rangkaian pemantik api listrik

Pada rangkaian gambar 2.22 tegangan input yang dibutuhkan adalah 1,5 Volt dengan tegangan output kurang lebih sebesar 6000 Volt.

2.8 Titik Didih Zat Cair

Pada umumnya orang memasak media yang digunakan untuk memasak adalah air atau minyak untuk mematangkan masakan.

Apabila mau memasak memakai salah satu bahan tersebut tentu saja harus mengetahui karakteristik dari zat cair tersebut, yang paling sederhana adalah titik didih dari minyak maupun air.

2.8.1 Air

Air adalah zat cair yang tidak mempunyai rasa, warna, dan bau yang terdiri dari hidrogen dan oksigen dengan rumus kimiawi H_2O . karena air merupakan suatu larutan yang hampir bersifat universal, maka zat-zat yang paling alamiah maupun buatan manusia hingga tingkat tertentu larut di dalamnya [8]. Air memiliki sifat mencair, membeku, dan menguap, dalam kondisi memasak, biasanya yang dibutuhkan adalah kondisi mendidih, yakni mendidih pada suhu $100^\circ C$ [9].

2.8.2 Minyak Goreng

Minyak masakan atau minyak kelapa adalah minyak atau lemak yang berasal dari pemurnian bagian tumbuhan, hewan, atau dibuat secara sintetik yang dimurnikan dan biasanya digunakan untuk menggoreng makanan. Minyak masakan umumnya berbentuk cair dalam suhu kamar. Minyak masakan kebanyakan diperoleh dari tumbuhan, seperti kelapa, seralia, kacang-kacangan, jagung, kedelai, dan kanola. Minyak goreng biasanya digunakan hingga 3 sampai 4 kali penggorengan, jika digunakan berulang kali, minyak akan berubah warna.

Saat penggorengan dilakukan, ikatan rangkap yang terdapat pada asam lemak tak jenuh akan putus membentuk asam lemak jenuh. Minyak yang baik adalah minyak yang mengandung asam lemak tak jenuh yang lebih banyak dibandingkan dengan kandungan asam lemak jenuhnya. Setelah penggorengan berkali-kali asam lemak yang terkandung dalam minyak akan semakin jenuh. Dengan demikian minyak tersebut dapat dikatakan telah rusak atau dapat disebut minyak jelantah. Penggunaan minyak berkali-kali akan membuat ikatan rangkap minyak teroksidasi membentuk gugus peroksida dan monomer siklik, minyak yang seperti ini dikatakan telah rusak dan berbahaya bagi kesehatan. Suhu yang semakin tinggi dan semakin lama pemanasan, kadar asam lemak jenuh akan semakin naik. Minyak nabati dengan kadar asam lemak jenuh yang tinggi akan mengakibatkan makanan yang digoreng menjadi berbahaya bagi kesehatan. Minyak goreng pada umumnya berasal dari minyak kelapa

sawit, minyak kelapa dapat digunakan untuk menggoreng karena struktur minyaknya yang memiliki ikatan rangkap sehingga minyaknya termasuk lemak tak jenuh yang sifatnya stabil. Selain itu pada minyak kelapa terdapat asam lemak esensial yang tidak dapat disintesis oleh tubuh. Asam lemak tersebut adalah asam palmitat, stearat, oleat, dan linoleat [10].

Berbeda dengan air, minyak goreng tidak mempunyai titik didih melainkan mempunyai titik leleh, yakni 35 °C. Masa jenis minyak lebih ringan dari pada air, apabila dibandingkan dengan spesifikasi gravitasi minyak adalah 0,952 sedangkan air 1, maka dari itu apabila minyak dan air dicampurkan minyak selalu berada di atas [11].

2.9 Sayuran yang Membutuhkan Pengaturan Khusus

Beberapa masakan membutuhkan pengaturan khusus untuk membuatnya matang, parameter yang diatur biasanya besar-kecilnya nyala api, lama memasak yang berhubungan dengan kematangan masakan. Hal ini tentu saja jarang dikuasai oleh orang yang belajar memasak dikarenakan hal tersebut membutuhkan pengalaman memasak. Salah satu contoh masakan yang membutuhkan pengaturan khusus adalah memasak sayur. Dalam memasak sayur ada beberapa sayuran yang membutuhkan perlakuan khusus agar nantinya bisa matang sempurna. Adapun sayuran-sayuran yang sering dipakai sebagai bahan memasak dan membutuhkan pengaturan khusus adalah:

2.9.1 Wortel

Wortel adalah sumber yang banyak mengandung karoten dan vitamin A. 100 g wortel segar mengandung sekitar 8285 mg beta karoten dan 16,706 IU vitamin A. Studi telah menemukan bahwa senyawa flavonoid dalam wortel membantu melindungi kulit, paru-paru, dan kanker rongga mulut. Wortel adalah sayuran dari umbi tanaman yang sudah lama menjadi bagian yang terpisahkan dari masakan. Walau warna oranye adalah warna wortel yang paling terkenal, warna wortel beragam dari ungu, putih dan kuning, juga beragam nuansa oranye.

Wortel memiliki kandungan vitamin A yang tinggi, walau proses memasak bisa merubah keberadaan vitamin ini. Berikut teknik memasak yang memastikan rasa manis alami wortel ditingkatkan.

- a. Bersihkan wortel, sebelum memasak wortel harus dibersihkan dengan disikat bukan dikupas.
- b. Memotong wortel dengan ukuran besar yang sama agar vitamin tidak banyak hilang dan matang merata.
- c. Untuk merebus wortel sebaiknya airnya dipanaskan dulu sampai mendidih setelah itu wortel baru dimasukkan.
- d. Masak hingga empuk tapi tidak sampai lunak, selama 10 sampai 15 menit.
- e. Membuat sup wortel dengan menambahkan 3,8 liter kaldu sayur atau ayam kemudian dididihkan di atas api kecil selama 30 menit [12].

2.9.2 Kentang

Kentang adalah salah satu makanan sumber pati, vitamin, mineral dan serat. 100 gram kentang terdapat 70 kalori (namun hanya mengandung lemak yang sedikit, sekitar 0,1 gram per100 gram) dan kolesterol. Kentang adalah jenis sayuran yang sangat digemari karena serbaguna untuk memasak serta memiliki rasa dan tekstur yang lezat. Ada banyak cara untuk memasak kentang, persiapan yang matang akan memastikan rasa kentang terbaik.

- a. Merebus kentang dengan ukuran yang berbeda-beda membutuhkan waktu memasak yang berbeda-beda pula, misalnya untuk merebus kentang utuh membutuhkan waktu 40 menit, merebus kentang yang dibelah menjadi 2 sampai 4 bagian membutuhkan waktu 20 menit, merebus kentang dengan potongan dadu membutuhkan waktu 10 sampai 12 menit.
- b. Merebus kentang tanpa mengupasnya akan mempertahankan lebih banyak nutrisi daripada merebus kentang dengan mengupasnya.
- c. Rebus dengan sedikit air juga dapat mempertahankan nutrisi di dalam kentang.
- d. Sedangkan cara memasaknya adalah dengan mendidihkan air terlebih dahulu, kemudian kentang dimasukkan dan dikecilkan apinya.

- 
- e. Air bekas merebus kentang dapat ditambahkan ke sup, kaldu, dan kaserol untuk meningkatkan kandungan gizi hidangan.
 - f. Selain merebus, kentang juga dapat dimasak dengan mengukus, memanggang, dengan microwave, ditumbuk, semur, menggoreng, dan sebagainya. Cara memasak kentang yang berbeda-beda membutuhkan pengaturan yang berbeda-beda pula. Misalnya untuk mengukus kentang air harus direbus dulu selama 20 sampai 40 menit sampai uap dapat menembus kentang. Apabila mengukus atau memanggang dengan oven suhu oven diatur 200 °C kemudian ditunggu selama 1 jam. Begitu juga dengan variasi masakan lain yang memakai kentang [13].

2.9.3 Buncis

Buncis adalah bahan makanan nabati yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Buncis mengandung energi sebesar 35 kilokalori, protein 2,4 gram, karbohidrat 7,7 gram, lemak 0,2 gram, kalsium 65 miligram, fosfor 44 miligram, dan zat besi 1 miligram. Selain itu di dalam Buncis juga terkandung vitamin A sebanyak 630 IU, vitamin B1 0,08 miligram dan vitamin C 19 miligram. Hasil tersebut didapat dari melakukan penelitian terhadap 100 gram buncis, dengan jumlah yang dapat dimakan sebanyak 90% [26]. Buncis adalah pelengkap hidangan bernutrisi yang tersedia sepanjang tahun. Sebelum memasak buncis, cucilah terlebih dulu dengan air bersih dan hilangkan ujung batangnya dengan pisau atau dipatahkan. Ada 3 cara dasar memasak buncis, yakni salad buncis, *casserole* buncis, dan buncis manis. Adapun cara memasak buncis adalah:

- a. Rebus air dengan api besar hingga mendidih, lalu masukkan buncis yang sudah dicuci dan dihilangkan ujungnya. Volume air cukup banyak hingga dapat merendam buncis.
- b. Ketika air sudah mendidih, kecilkan kompor, masukkan buncis biarkan buncis selama 4 menit hingga lunak. Kemudian buncis ditiriskan dan dapat dibumbui dengan garam dan lada.
- c. Metode lain dalam memasak buncis adalah dengan mengukus, mengukus buncis adalah cara terbaik dalam mempertahankan nilai nutrisi buncis. Sedangkan caranya adalah dengan mengisi panci dengan air setinggi 2,5 cm dan memasukkan wadah



pengukus ke dalam panci. Kemudian air dididihkan dalam panci dan ditutup rapat, jika sudah mendidih buncis dimasukkan ke dalam pengukus dengan mengecilkan api kompor. Setelah dikukus buncis dimasak selama 2 menit dan diperiksa kematangan buncis apakah sudah lunak atau belum.

d. Cara memasak buncis yang selanjutnya adalah membuat salad buncis, dengan menambahkan tomat, bawang bombai, dan keju feta, bahan diaduk yang dicampur dengan minyak zaitun, cuka, garam, dan lada. Salad buncis ini disajikan dalam keadaan dingin.

e. Apabila ingin membuat *casserole* buncis dibutuhkan 625 gram. Alat masak yang digunakan adalah oven diatur pada suhu 176 °C, *casserole* diolesi dengan mentega dicampur dengan tepung roti, keju parmesan, dan 1 sendok makan mentega di dalam mangkuk kecil. Kemudian untuk memasaknya bawang bombai dan adonan tadi ditumis kurang lebih selama 3 menit, kemudian ditambahkan jamur dan dimasak lagi hingga lunak selama 4 menit. Setelah jadi, adonan ditambah kaldu ayam yang dididihkan dalam api besar, dicampur dengan tepung maizena dan 60 ml air, kemudian ditunggu sampai kaldu mengental. Setelah masakan jadi semua bahan dituang ke dalam piringan *casserole* dan dimasukkan ke dalam oven.

f. Metode lain dalam memasak buncis adalah buncis manis. Caranya adalah dengan merebus air selama 15 menit, airnya dibuang dan buncis ditaburi dengan sedikit gula atau air gula dan diaduk rata.

Salah satu cara untuk menjaga buncis tetap hijau cerah adalah ketika buncis sudah matang, buncis direndam dan disaring di dalam air es untuk menghentikan proses pematangan, hal ini juga dapat membantu menjaga nutrisi yang terkandung pada buncis [14]. Dan masih banyak cara lagi untuk memasak saur buncis.

2.9.4 Kembang Kol

Kembang kol atau bunga kol memiliki manfaat bagi kesehatan seperti, gangguan pencernaan, mencegah efek radiasi ultraviolet, diabetes, radang usus, degenerasi makula, obesitas dan hipertensi. Zat bersifat Antioksidan pada bunga kol membantu memperkuat sistem kekebalan tubuh dan membantu mengurangi resiko *stroke*, kanker dan penyakit neurodegenerative. Kembang kol juga berguna untuk

menjaga kesehatan tulang, otak, keseimbangan elektrolit, menjaga kadar kolesterol, dan mencegah gangguan terhadap kardiovaskular. Kembang kol adalah sayuran keluarga kol dengan kuntum berwarna putih, ungu, hijau atau oranye dan berkepala besar. Rasanya ringan dan dapat digunakan sebagai pengganti brokoli atau kentang. Kembang kol segar cocok untuk dikukus, direbus, dilumat, dipanggang atau ditumis. Adapun untuk memilih bunga kol semakin cerah semakin baik, dan beberapa cara memasak kembang kol adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengukus kembang kol, perlu dididihkan sedikit air kemudian kembang kol dimasukkan selama 5 sampai 10 menit, atau bagian kuntum bunga kol dapat dikukus selama 15 menit.
- b. Untuk membuat kembang kol menjadi rebusan atau sup, masak kembang kol dalam air, biarkan mendidih selama 20 menit, untuk bagian kuntum dididihkan selama 5 sampai 10 menit. Langkah selanjutnya adalah meniriskan air, kemudian kol ditambahkan susu, mentega, dan bumbu. Kemudian kembang kol dilumat dengan pelumat kentang.
- c. Untuk memanggang kuntum bunga kol diperlukan pengaturan oven 204 °C, kemudian kembang kol bersama 1 sendok makan minyak zaitun, garam, merica, dan biji jintan. Kemudian campuran disusun ke dalam loyang dan dimasukkan ke oven selama 20 menit sampai berwarna coklat keemasan.

Kembang kol juga lezat jika dimasak ataupun dimakan mentah, untuk kembang kol mentah, kembang kol perlu dicuci dahulu dan dipecahkan bagian kuntumnya lalu disajikan dengan saus. Dalam memasak kembang kol tidak boleh terlalu matang karena akan kehilangan rasa dan nutrisinya [15].

2.9.5 Tomat

Tomat merupakan buah sayur yang kaya akan vitamin A dan C dan asam folat, 3 buah nutrisi yang paling dibutuhkan setiap hari terutama untuk ketahanan tubuh. Salah satu cara mengonsumsi tomat yang enak tapi juga tidak kehilangan nutrisinya misalnya dengan membuat sup tomat, adalah makanan yang sehat, rendah kalori, serta cocok untuk dinikmati di hari yang dingin atau sedang hujan dan cocok

dijadikan teman makan sandwich keju. Sup tomat dapat dibuat dengan memanggang, merebus, kemudian menghaluskan tomat. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Panci diisi air setengah penuh kemudian dididihkan, kemudian tomat dipotong dengan pola “x”, kemudian tomat direbus dalam air mendidih selama 30 detik sampai warnanya pucat, kemudian tomat langsung diangkat dan didinginkan sebelum dipotong. Pada langkah ini tomat tidak boleh direbus terlalu lama, apabila terlalu lama akan membuat sari-sari tomat larut dengan air dan membuat rasa tomatnya hilang. Setelah tomat didinginkan tomat dikupas dan dipotong.
- b. Untuk memanggang sayuran, oven dipanaskan sampai 350 °C. kemudian tomat, paprika, dan bawang dipotong ukuran sedang. Kemudian sayuran dimasukkan ke dalam mangkok, bawang putih dan timi ikut dicampurkan dalam sayuran tersebut, kemudian diaduk setelah dituang 2 sendok makan minyak. Kemudian sayuran dimasukkan ke dalam nampan panggang, kemudian dipanggang selama 30 menit. Setelah matang sayuran yang sudah dipanggang dimasukkan ke dalam panci, kemudian kuah sayur dimasukkan dalam panci, banyak sedikitnya kuah bisa tergantung selera pemasak apakah mau kuah encer atau kental. Kemudian sayuran dididihkan secara perlahan dan ditambah bumbu penyedap, kuah dipanaskan pada api sedang selama 30 menit. Langkah terakhir adalah menghaluskan sup ke dalam blender dan dihancurkan sampai halus merata [25].

2.9.6 Brokoli

Brokoli tidak hanya kaya akan gizi seperti vitamin C, asam folat, dan serat, tetapi juga mudah untuk dimasak dan bisa menjadi tambahan yang bergizi untuk setiap makanan. Ada banyak cara untuk memasak brokoli, mulai dari mengukus, menumis, memanggang, atau memblansing brokoli, brokoli adalah sayuran lezat yang terasa enak dimakan sendiri atau dicampur dengan bahan lain seperti berbagai macam daging atau sayuran lainnya. Adapun beberapa cara memasak brokoli adalah sebagai berikut:

- a. Sebelum memasak brokoli, sayuran ini harus dicuci dahulu dengan mencuci dan membilas brokoli secara menyeluruh,

kemudian batang utama brokoli dibuang karena lebih keras dan tidak enak jika dimasak.

b. Untuk mengukus brokoli, panci diisi kurang lebih 5 cm air, tempat kukusan dimasukkan, panci ditutup, dan air dididihkan dengan menggunakan api sedang. Setelah air mendidih brokoli dimasukkan selama 3 sampai 5 menit tergantung banyaknya brokoli yang dikukus. Setelah masak tutup panci harus dibuka segera karena jika tidak brokoli akan terus termasak dan menjadi lembek dan basah.

c. Untuk memasak brokoli beku, brokoli dimasukkan ke dalam panci berisi air dengan ketinggian 5 sampai 7,5 cm air. Kemudian air bersama brokoli dipanaskan di atas api sedang hanya sampai air mulai mendidih. Kemudian air harus segera diangkat dari kompor [16].

d. Untuk merebus brokoli, panci besar diisi dengan air sebanyak 2/3 penuh. Kemudian panci diisi dengan air dingin, dimasukkan beberapa balok es. Kemudian kompor dinyalakan dengan api besar untuk mendidihkan air, setelah mendidih batang brokoli dimasukkan selama 2 menit, kemudian bunga brokoli dimasukkan selama 5 menit dan ditunggu hingga brokoli matang dan melunak. Setelah masak brokoli dimasukkan ke dalam air es yang sudah disiapkan, langkah ini agar brokoli berhenti dari proses perebusan dan membuat tekstur menjadi renyah. Kemudian brokoli ditiriskan dari air dan siap untuk dicampur dengan bumbu.

Merebus brokoli sangat baik bagi orang yang memiliki masalah pencernaan, karena proses perebusan dapat membuat lebih mudah untuk dicerna [17]. Adapun beberapa sayuran lainnya juga membutuhkan perlakuan khusus dalam memasak.

Salah satu masakan yang memakai beberapa bahan sayuran di atas adalah sayur sop yang nantinya akan diujikan pada bab 4, dalam memasak sayur sop wortel, kentang, dan buncis membutuhkan waktu lebih lama daripada bahan lain, sayurannya pun tidak dapat dimasukkan secara bersamaan karena memiliki tingkat kematangan yang berbeda-beda, sehingga dalam memasak sayur sop bahan harus dimasukkan satu persatu sesuai petunjuk resep. Dalam membuat sayur sop dibutuhkan kurang lebih 30 menit.

2.10 Kontrol Proporsional Integral

Sistem kontrol proporsional adalah jenis sistem kontrol umpan balik yang linier. Sistem kontrol proporsional lebih kompleks dari pada sistem kontrol *on-off*, namun sistemnya lebih sederhana dari pada sistem kontrol PID (Proporsional-Integral-Derivatif) yang biasanya digunakan dalam suatu sistem kontrol mobil. Prinsip kerja kontrol *on-off* akan bekerja dimana sistem secara keseluruhan memiliki respon waktu yang lambat, dan dapat mengakibatkan sistem tidak stabil jika sistem yang dikontrol memiliki respon waktu yang cepat. Maka dari itu dibutuhkanlah kontrol proporsional ini, dimana sistem dapat mengatasi dengan modulasi output ke perangkat pengendali. Kebanyakan dari aplikasi penggunaan kontrol proporsional adalah pada pengaturan kecepatan motor seperti pada mobil, motor DC, dan lain-lain.

2.10.1 Teorema Kontrol Proporsional

Dalam algoritma kontrol proporsional output sebanding dengan sinyal error, yang merupakan selisih antara set point dengan variabel proses. Dengan kata lain output dari controller proporsional adalah hasil perkalian dari sinyal error dan penguatan proporsional. Adapun rumusnya adalah:

$$u(t) = Kp \cdot e(t) \quad (2.7)$$

Pada rumus diatas $e(t)$ menunjukkan sinyal error yang merupakan input controller, dan $u(t)$ adalah output controller. Adapun bentuk rumus apabila dalam transformasi *laplace* adalah:

$$u(s) = Kp \cdot e(s) \quad (2.8)$$

Dimana Kp adalah konstanta proporsional sehingga fungsi alih controller proporsional adalah:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = Kp \quad (2.9)$$

Adapun mekanisme sebenarnya dan apapun bentuk gaya operasinya, kontroler proporsional pada dasarnya merupakan suatu penguat dengan penguatan yang dapat diatur. Blok diagram kontroler proporsional adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 23 Diagram blok kontroler proporsional [18]

2.10.2 Teorema Kontrol Integral

Pada kontrol integral terdapat sinyal eror $e(t)$ merupakan input controller, konstanta integral, dan output controller adalah sinyal kontrol $u(t)$. Perbedaan kontrol integral dengan proporsional adalah pada sinyal erornya, pada kontrol integral untuk mendapatkan sinyal eror dibutuhkan eror sekarang dan eror sebelumnya, kemudian eror dijumlahkan maka didapatkan $e(t)$. Adapun rumusnya adalah:

$$u(t) = K_i \int_{t_0}^t e(t) dt \quad (2. 10)$$

Atau dalam besaran transformasi *Laplace*

$$U(s) = \frac{K_i}{s} E(s) \quad (2. 11)$$

Dimana K_i adalah konstanta yang dapat diubah-ubah, sehingga fungsi alih kontrol integral adalah:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s} \quad (2. 12)$$

Adapun diagram blok kontroler integral adalah:



Gambar 2. 24 Diagram blok kontroler integral [18]

2.10.3 Teorema Kontrol Proporsional Integral

Teorema kontrol proporsional integral adalah gabungan dari kontrol proporsional ditambah integral. Adapun hubungan antara kedua kontrol tersebut adalah:

$$u(t) = Kp \cdot \{e(t) + Ki \int_{t_0}^t e(t) dt\} \quad (2.13)$$

Dimana

$$Ki = \frac{1}{\tau_i} \quad (2.14)$$

Atau dalam besaran transformasi *Laplace*

$$u(s) = Kp \cdot \left(1 + \frac{1}{\tau_i s}\right) E(s) \quad (2.15)$$

Dimana Kp adalah penguatan proporsional dan τ_i adalah waktu integral, dan parameter Kp dan τ_i keduanya dapat ditentukan. Sehingga fungsi alih kontrol proporsional integral adalah

$$\frac{U(s)}{E(s)} = Kp \left\{1 + \frac{1}{\tau_i s}\right\} \quad (2.16)$$

Adapun diagram blok kontroler integral adalah:

$$E(s) \longrightarrow Kp\{1+(1/\tau_i s)\} \longrightarrow U(s)$$

Gambar 2.25 Diagram blok kontroler proporsional integral [18]

2.10.4 Metode Tuning Kontrol Proporsional Integral

Parameter kontrol PID (Proporsional Integral Derivatif) yang tidak dipilih dengan benar menyebabkan sistem menjadi tidak stabil, output menyimpang atau terjadi osilasi. Metode tuning kontrol adalah pengaturan parameter kontrol pada nilai yang optimal untuk mendapatkan respon kontrol yang diinginkan disesuaikan dengan aplikasi.

Salah satu metode untuk memudahkan tuning adalah metode *Ziegler-Nichols* yang diperkenalkan oleh John G. Ziegler dan Nathaniel B. Nichols. Metode ini yang pertama-tama dilakukan adalah memberikan input step pada sistem dengan kondisi *open loop*. Apabila plant minimal tidak mengandung unsur integrator ataupun komponen-komponen yang kompleks, maka reaksi sistem akan berbentuk S. adapun gambarnya adalah:



Gambar 2. 26 Metode Tuning Ziegler-Nichols



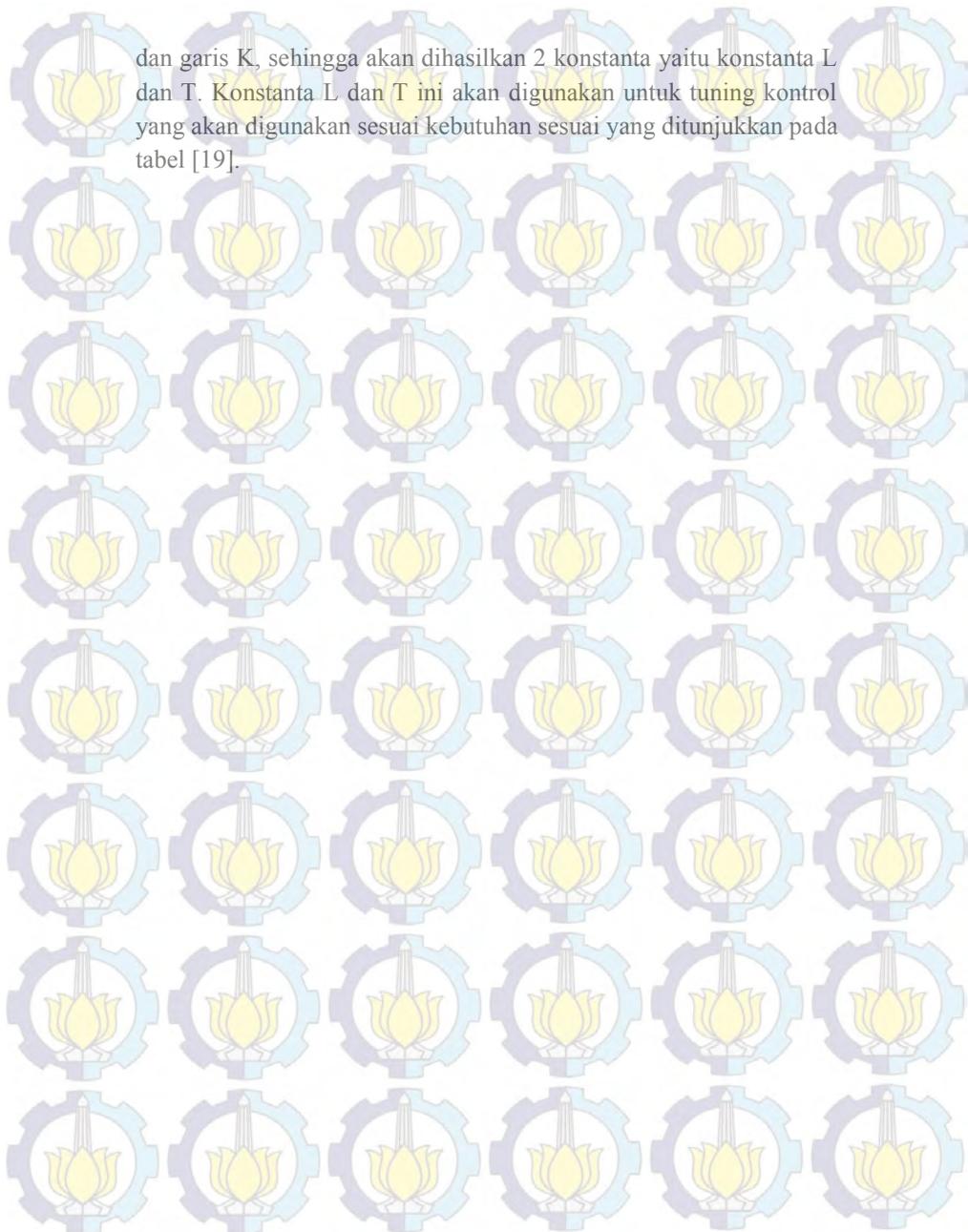
Gambar 2. 27 Reaksi sistem open loop ketika diberi input step

Tabel 2. 7 Tabel tuning PID metode Ziegler-Nichols

Tipe Kontrol	K_p	K_i	K_d
P	T/L	\sim	-
PI	$0.9T/L$	$L/0.3$	-
PID	$1.2T/L$	$2L$	$0.5L$

Setelah mendapatkan kurva reaksi berbentuk S, langkah selanjutnya adalah mencari gradien terbesar pada titik sepanjang kurva S, kemudian disebut titik infleksi sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.27. Dari titik infleksi tersebut ditarik garis yang menyinggung banyak titik pada kurva S serta memotong sumbu X

dan garis K, sehingga akan dihasilkan 2 konstanta yaitu konstanta L dan T. Konstanta L dan T ini akan digunakan untuk tuning kontrol yang akan digunakan sesuai kebutuhan sesuai yang ditunjukkan pada tabel [19].

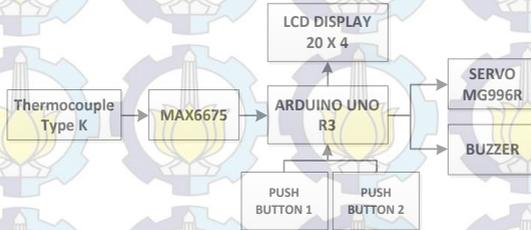


BAB III PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem kompor yang sudah terprogram suhunya terdiri dari beberapa bagian, yakni perancangan mekanik, perancangan elektrik, perancangan perangkat lunak, perancangan *user interface*, dan perancangan sistem keamanan atau *emergency*-nya. Dalam perancangan semua sistem saling terkait antara satu dengan yang lainnya. Secara garis besar sistem ini memandu orang yang memasak melalui tampilan LCD dan suhu sudah terkontrol sesuai resepnya melalui servo.

3.1 Diagram Blok Sistem

Untuk membuat sistem kompor dengan suhu terprogram ini membutuhkan kompor, gas LPG, panci teflon, sensor suhu termokopel, modul kompensasi termokopel MAX6675, servo, pemantik kompor, LCD display 20x4, buzzer, *pushbutton*, dan Arduino Uno.



Gambar 3.1 Diagram blok sistem

Melalui pembacaan sensor suhu termokopel tipe K, suhu ditampilkan pada LCD *display*, selain hanya ditampilkan suhu nanti juga dikontrol melalui bukaan katup gas yang terhubung dengan servo. Sehingga pada servo nanti mempunyai posisi derajat minimal dan maksimal untuk mengatur berapa besar nyala api. Data ADC dari termokopel bisa langsung dibaca dalam bentuk keluaran suhu pada Arduino karena ada modul kompensasi MAX6675 yang merubah

data analog termokopel menjadi keluaran digital sehingga bisa langsung dibaca Arduino dan tidak perlu lagi mengkonversinya.

Setelah mengetahui suhu aktualnya, pertama-pertama memasak secara manual memakai kompor yang sudah dimodifikasi tersebut, dicatat dan diperoleh suhu dan waktu yang diperlukan untuk memasak satu resep masakan. Misal untuk memasak telur, berapa suhu panci yang diperlukan untuk memasukkan telur, waktu dan suhu yang diperlukan untuk membuat putih telurnya memutih, waktu yang diperlukan untuk membalik telur, dan waktu dan suhu yang diperlukan sampai telur matang. Sehingga dari data tersebut diperoleh total waktu dan rentang suhu kerja untuk memasak telur. Data tersebut nantinya akan dimasukkan ke sistem.

Fungsi utama lainnya adalah tampilan pada LCD *display* sebagai panduan memasak melalui perintah-perintah yang harus dilakukan tiap resepnya, sebagai monitor suhu, dan juga sebagai tampilan waktu tiap langkah. Selain itu ada 2 *pushbutton* yang digunakan untuk mengoperasikan LCD, ada tombol 'OK' yang berfungsi untuk memilih resep dan juga berfungsi untuk menyalakan dan mematikan kompor. Tombol satunya berfungsi sebagai 'NEXT' *button*. Tombol inilah yang berfungsi untuk menavigasi LCD menuju resep yang akan kita masak.

Dalam sistem Arduinonya terdapat fungsi kontrol berdasarkan input data dari termokopel, Arduino akan mengontrol servo yang bertugas mengatur besar nyala api, dan juga untuk menyalakan buzzer yang berfungsi sebagai pengingat atau peringatan pada sistem. Arduino juga membuat *timer* yang ditampilkan melalui LCD. Karena sistem ini menggunakan gas LPG yang mudah terbakar sehingga diperlukan pengaman apabila terjadi sesuatu, maka dari itu dalam sistem terdapat tombol RESET atau *emergency button* sehingga apabila terjadi suatu hal yang tidak diinginkan dengan memencet tombol reset, api bisa langsung mati dan sistem kembali ke kondisi awal.

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Pada perancangan kompor terprogram, komponen yang dibutuhkan pada tugas akhir ini adalah kompor portable merek Winn gas, panci teflon 22 cm merek Rinnai, gas tabung butana merek Winn gas. Dan komponen ataupun rangkaian elektronik penunjang agar membuat kompor menjadi otomatis adalah termokopel, MAX6675,

Arduino, *pushbutton*, *LCD display 20x4*, buzzer, dan servo seperti halnya yang dijelaskan di subbab sebelumnya. Adapun perancangan perangkat kerasnya adalah sebagai berikut:

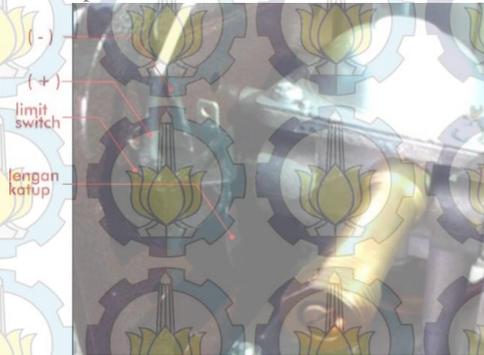
Gambar 3. 2 Penempatan termokopel pada panci teflon

Termokopel ditempelkan menggunakan perekat tambal panci pada sisi luar teflon sehingga bisa mewakili suhu yang ada di teflon. Termokopel diletakkan di luar panci agar tidak mengganggu masakan dan juga tidak mengotori masakan. Agar kabel termokopel tidak mengganggu pemasak dan melekat kuat pada teflon, sebagian kabel termokopel diikatkan pada lengan teflon menggunakan kabel *ties*.

Gambar 3. 3 Instalasi servo pada katup kompor

Posisi servo diletakkan tegak lurus dengan katup kompor karena derajat putar katup 160 derajat dan spesifikasi servo adalah 180

derajat. Dalam pemasangan posisi katup 0 derajat ditempelkan dengan posisi servo 0 derajat menggunakan lengan servo yang dibaut pada katup. Agar posisi servo tidak berubah dan tetap mempertahankan posisinya, tempat baut bagian bawah servo dihubungkan dengan akrilik tebal 5mm berbentuk L dikaitkan dengan bagian bawah kompor.

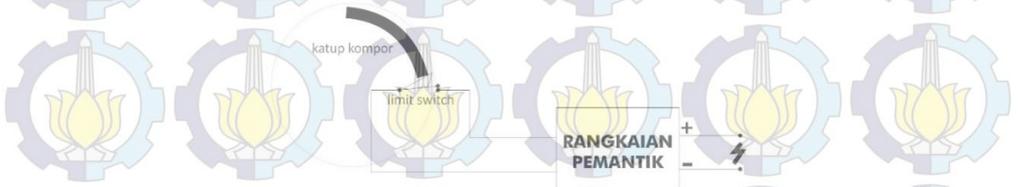


Gambar 3. 4 Instalasi pemantik kompor

Model kompor Winn gas yang digunakan memiliki pemantik tumbuk, sehingga gambar 3.4 adalah modifikasi dari pemantik tumbuk yang biasa dipakai pada kompor tersebut. Pemantik diganti karena pemantik tumbuk untuk menyalakannya sangat keras dan membutuhkan gaya yang cukup besar untuk menyalakannya, apabila kompor dinyalakan secara manual atau menggunakan tangan hal ini tidak menjadi masalah, namun lain cerita apabila yang menekan pemantik adalah servo, dibutuhkan servo dengan torsi yang cukup besar dan perancangan lengan pancang badan servo yang kuat agar servo tidak goyah saat menekan pemantik. Pada awalnya penulis menggunakan pemantik tumbuk untuk menyalakan kompor, namun seiring percobaan yang berulang-ulang membuat struktur mekanik lengan pancang badan servo melemah sehingga servo tidak mampu lagi untuk menyalakan pemantik, maka dari itu pemantik diganti menggunakan pemantik listrik yang memakai baterai AA 1,5 Volt sebagai catu dayanya. Untuk menyalakannya digunakan limit switch sebagai saklar yang diletakkan sedemikian rupa dengan lengan katup sehingga akan menyala ketika katup diputar maksimal. Desain mekanik seperti yang terlihat pada gambar.

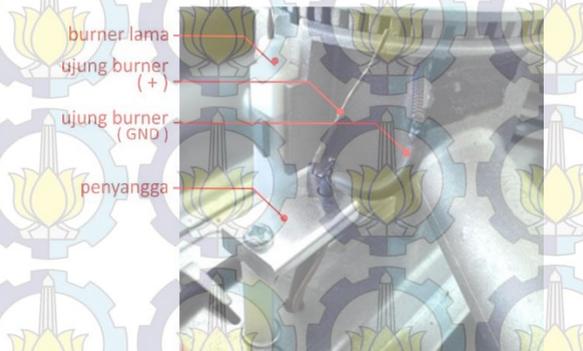


Gambar 3.5 Rangkaian *limit switch* terbuka



Gambar 3.6 Rangkaian *limit switch* tertutup

Pada gambar 3.6 terlihat apabila *limit switch* ditekan maka pemantik akan mengeluarkan percikan api yang digunakan untuk menyulut gas. Sedangkan penempatan tempat percikan apinya dekat dengan tungku tempat keluarnya gas, seperti pada gambar di bawah ini:

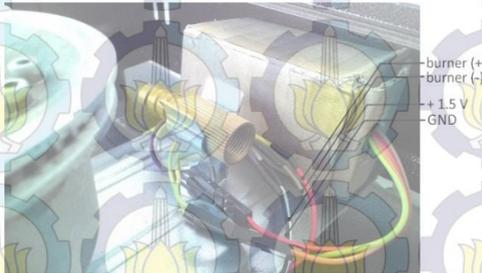


Gambar 3.7 Instalasi *burner* pada tungku kompor

Seperti yang terlihat pada gambar 3.7, dalam pembuatan burner sedikit berbeda dengan burner pemantik tumbuk. Kalau pemantik tumbuk hanya membutuhkan satu ujung burner sedangkan pemantik listrik membutuhkan dua ujung burner, satu ujung sebagai *ground* dan

satu ujung sebagai kutub positif. Dalam pemasangannya ujung *burner* GND ditempelkan dengan badan tungku sedemikian rupa sehingga ujung GND selalu menempel pada badan tungku yang terbuat dari logam. Sedangkan ujung *burner* positif diletakkan sedemikian rupa sehingga berdekatan dengan badan tungku. Jarak antara kutub positif dengan badan tungku tidak bisa sembarangan, kalau terlalu jauh maka tidak akan terjadi percikan api, begitu juga sebaliknya, apabila terlalu dekat percikan api juga tidak terjadi, setelah dilakukan beberapa percobaan jarak kutub positif dengan kutub GND antara 3-5 mm. pada jarak tersebut apabila *limit switch* ditekan maka akan timbul percikan api yang nantinya dapat menyalakan api apabila katub gas terbuka.

Adapun peletakan dan instalasi rangkaian pemantik listriknya seperti gambar di bawah ini:



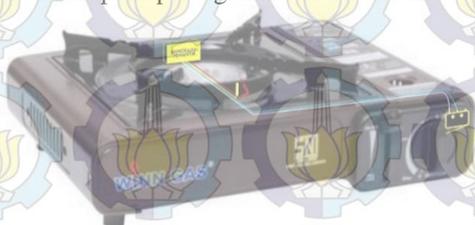
Gambar 3. 8 Kotak rangkaian pemantik listrik

Dalam instalasi rangkaian pemantik dibuatkan kotak agar lebih aman dan lebih rapi, kotak ditempatkan agak jauh dari tungku agar tidak terbakar saat kompor menyala. Dalam kotak rangkaian terdapat rangkaian pemantik listrik dan baterai 1,5 Volt, dibuatkan 4 kabel lebih mudah dibongkar pasang. Seperti yang terlihat pada gambar 3.8 ada dua kabel *power* yang dihubungkan dengan *limit switch*, sedangkan kabel lainnya yakni *burner* (-) dan *burner* (+) dihubungkan dengan ujung-ujung *burner* yang dekat dengan tungku. Adapun tampilan rangkaian apabila kotak dibuka adalah:



Gambar 3. 9 PCB pemantik dan baterai

PCB didapatkan dari pemantik listrik eksternal kemudian dimodifikasi sedemikian rupa sehingga bisa digunakan sebagai pemantik listrik kompor. Adapun desain instalasi pemantik kompor secara keseluruhan seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 3. 10 Desain pemantik modifikasi

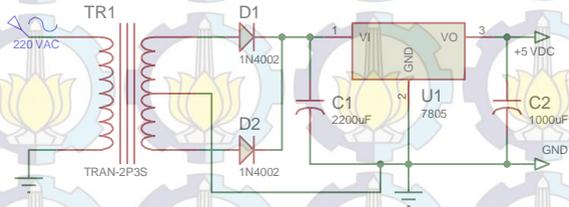
3.3 Perancangan Elektrik Kompor

Perangkat elektrik adalah perangkat yang memiliki peranan penting dalam tugas akhir ini. Perangkat elektrik meliputi rangkaian catu daya, rangkaian sensor, minimum sistem dan servo kontroler. Catu daya adalah perangkat elektronika yang digunakan untuk

memberikan tegangan pada mikrokontroler dan servo controller. Catu daya yang digunakan pada kompor ada dua, yaitu:

1. Catu daya untuk mikrokontroler Arduino
2. Catu daya untuk motor servo

Catu daya untuk mikrokontroler Arduino dan untuk motor servo sebenarnya memiliki spesifikasi yang sama, tapi tidak boleh hanya menggunakan satu catu daya, artinya satu catu daya diparalel untuk sumber Arduino dan motor servo. Jadi harus dibedakan sehingga ditentukan untuk Arduino diberi catu daya 5 Volt DC dengan arus 1 Ampere, sedangkan motor servo juga memiliki spesifikasi catu daya yang sama yakni 5 Volt DC dengan arus 1 Ampere. Catu daya menggunakan sistem switching dimana modul jadi bisa didapatkan banyak di pasaran, yakni bisa memakai *charger* hp. Adapun rangkaian catu dayanya adalah:

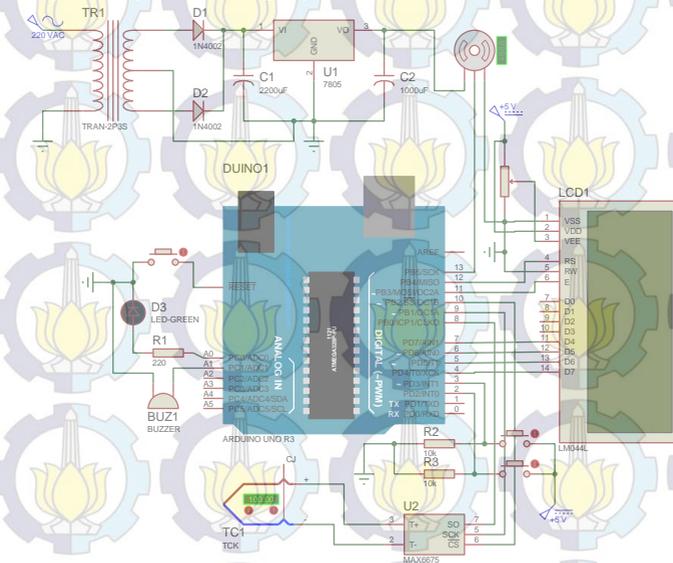


Gambar 3. 11 Rangkaian catu daya 5 VDC

Pada rangkaian gambar 3.11 menghasilkan output tegangan 5 VDC dengan arus maksimal 1 A dimana rangkaian memiliki keluaran yang stabil karena menggunakan penstabil rangkaian IC regulator 7805. 7805 merupakan IC regulator catu daya yang umum digunakan menghasilkan tegangan 5 VDC dengan arus maksimal 1 Ampere. Rangkaian catu daya menggunakan komponen diantaranya kapasitor Elco 2200 $\mu\text{F}/16\text{ V}$ dan 1100 $\mu\text{F}/16\text{ V}$, dua dioda 1N 4002, IC regulator 7805, dan trafo *stepdown* 220 V/12 V 1 A CT. Fungsi dioda pada 1N4004 pada rangkaian digunakan untuk mengamankan sistem ketika catudaya terbalik. Fungsi dari 7809 juga digunakan untuk mengurangi disipasi daya.

3.3.1 Rangkaian Mikrokontroler Arduino

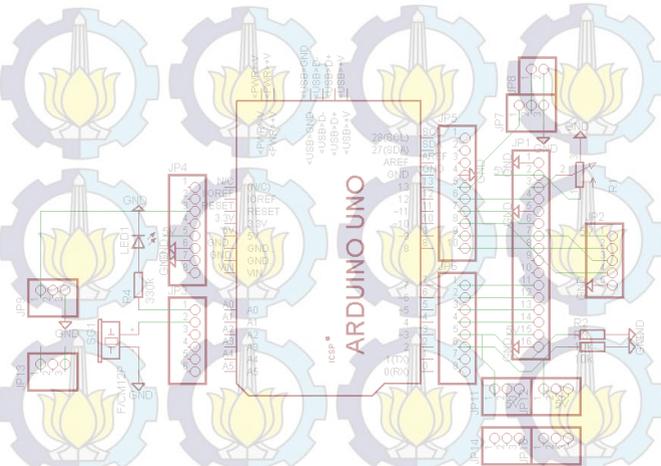
Dalam pembuatan sistem semua komponen diintegrasikan menggunakan mikrokontroler Arduino yang berfungsi sebagai otak utama sistem, dimana fungsi Arduino sebagai penerima data analog dari MAX6675 dan data digital dari 2 *pushbutton* navigasi, dan 1 *pushbutton* reset. Sedangkan Arduino sebagai *output* akan mengirimkan sinyal data paralel pada LCD *display* 20x4, mengirimkan data posisi servo ke pin data servo, dan logika “HIGH” dan “LOW” pada buzzer, dan LED. Selain itu juga ada tombol RESET yang aktif “LOW” sebagai tombol keamanan sistem. Adapun rangkaian keseluruhan dari sistem kompor dengan suhu terprogram adalah:



Gambar 3. 12 Rangkaian Mikrokontroler Arduino

3.3.2 Rangkaian Arduino Shield

Untuk membuat rangkaian menjadi sederhana dan mudah dibongkar pasang, dibuat rangkaian Arduino *shield*. Adapun rangkaiannya adalah:



Gambar 3. 13 Rangkaian Arduino Shield

Sedangkan tampilan *pcb* setelah jadi adalah:



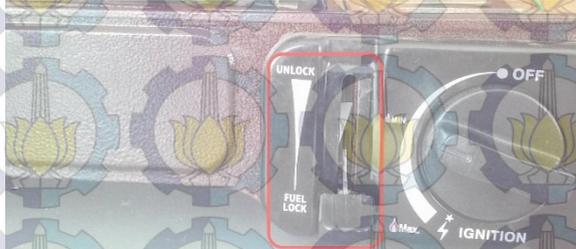
Gambar 3. 14 Tampilan *PCB* rangkaian elektronik

Pada gambar 3.14 Arduino Uno terletak pada bagian bawah *PCB board*.

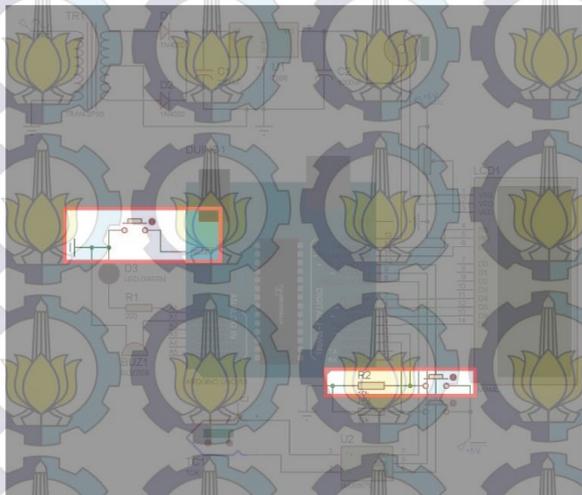
3.4 Perancangan Sistem Keamanan Kompor

Pada sistem kompor terprogram ini dengan sistem nyala kompor yang otomatis tentu saja menimbulkan kekhawatiran apabila terjadi kesalahan sistem. Maka dari itu dibuat sistem keamanan kompor dimana apabila sistem ini diaktifkan kompor langsung mati dan program kembali ke kondisi semula. Sistem keamanan ada dua level, yang pertama adalah tombol 'OK' yang berfungsi menyalakan dan

mematikan kompor, dilain sisi fungsi tombol ini juga untuk memilih resep masakan. Jadi tombol 'OK' ini memiliki 3 kondisi, yakni OK BUTTON, menyalakan kompor, dan mematikan kompor. Tombol ini akan selalu berfungsi pada fungsi program manapun, baik ketika sedang memilih resep atau ketika sedang menjalankan langkah-langkah yang ada pada resep. level keamanan yang kedua adalah dengan memaksakan sistem kembali ke kondisi semula, caranya dengan memanfaatkan pin RESET Arduino dengan menyambungkannya dengan *ground*, dan juga dengan menambahkan *pushbutton* yang berfungsi sebagai saklar pin RESET. Sehingga dengan adanya sistem pengamanan ini diharapkan tidak ada kejadian yang tidak diinginkan misalnya kompor meledak ataupun gas bocor dikarenakan sistem program yang eror. Selain itu sistem pengamanan juga terdapat pada bagian mekanik kompor, pada sebelah kiri katup kompor terdapat pengunci tabung gas. Jadi apabila kompor sedang tidak digunakan pengunci bisa dibuka dan tentu saja gas tidak akan bocor karena tidak ada gas yang mengalir pada selang tungku. Adapun gambar sistem pengamanan kompor adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 15 Pengunci gas tabung

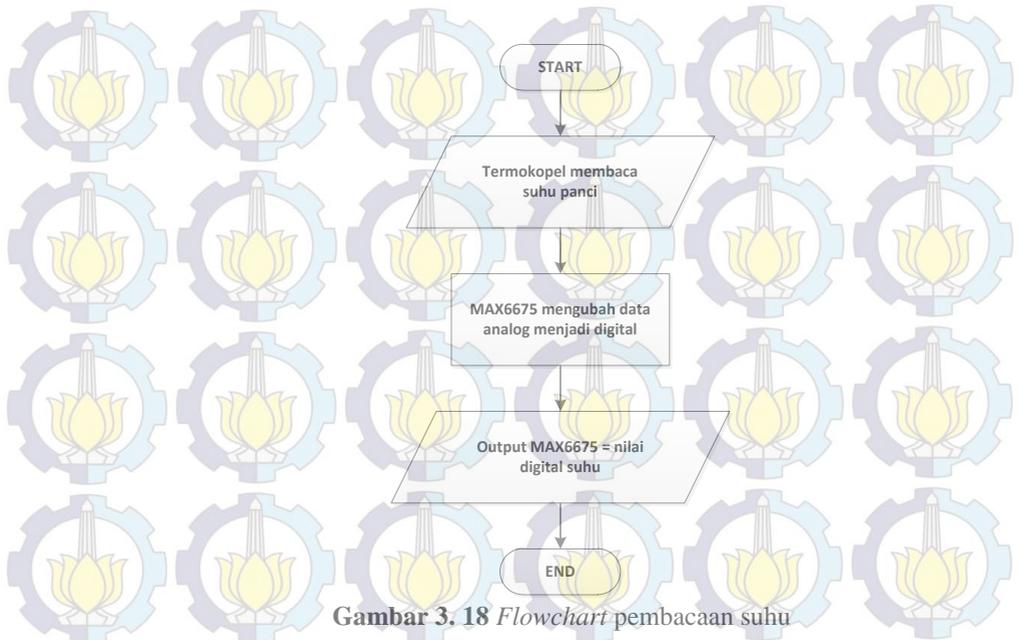


Gambar 3. 16 Rangkaian pengaman sistem

3.5 Perencanaan Software pada Sistem

Perangkat lunak yang dipakai untuk mikrokontroler Arduino adalah *software* Arduino seri 1.0.6. sebuah perangkat lunak gratis yang dirancang khusus untuk pemrograman mikrokontroler Arduino, dan bahasa yang digunakan adalah bahasa C. Adapun tampilan *software* Arduino adalah:

```
lcdbutton7
1 #include <LiquidCrystal.h>
2 #include <max6675.h>
3 #include <Wire.h>
4 #include <Servo.h>
5
6 //----- prosedur buat reset millis-----//
7 extern volatile unsigned long timer0_millis;
8 unsigned long new_value = 0;
9
10 LiquidCrystal lcd(12, 11, 7, 6, 5, 4); //RS(4), E(6), D4(7),
11 Servo myservo; // create servo object to control a servo
12 int pos = 0; // variable to store the servo position
13 int pos1;
14 int pos2;
15 int error;
16 const int next = 2; //pin pushbutton next
17 const int back = 3; //pin pushbutton back
18 //-----inisialisasi thermocouple MAX6675-----//
19 int thermoD0 = 8;
20 int thermoCS = 0;
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
2552
2553
2554
2555
2556
2557
2558
2559
2560
2561
2562
2563
2564
2565
2566
2567
2568
2569
2570
2571
2572
2573
2574
2575
2576
2577
2578
2579
2580
2581
2582
2583
2584
2585
2586
2587
2588
2589
2590
2591
2592
2593
2594
2595
2596
2597
2598
2599
2600
2601
2602
2603
2604
2605
2606
2607
2608
2609
2610
2611
2612
2613
2614
2615
2616
2617
2618
2619
2620
2621
2622
2623
2624
2625
2626
2627
2628
2629
2630
2631
2632
2633
2634
2635
2636
263
```

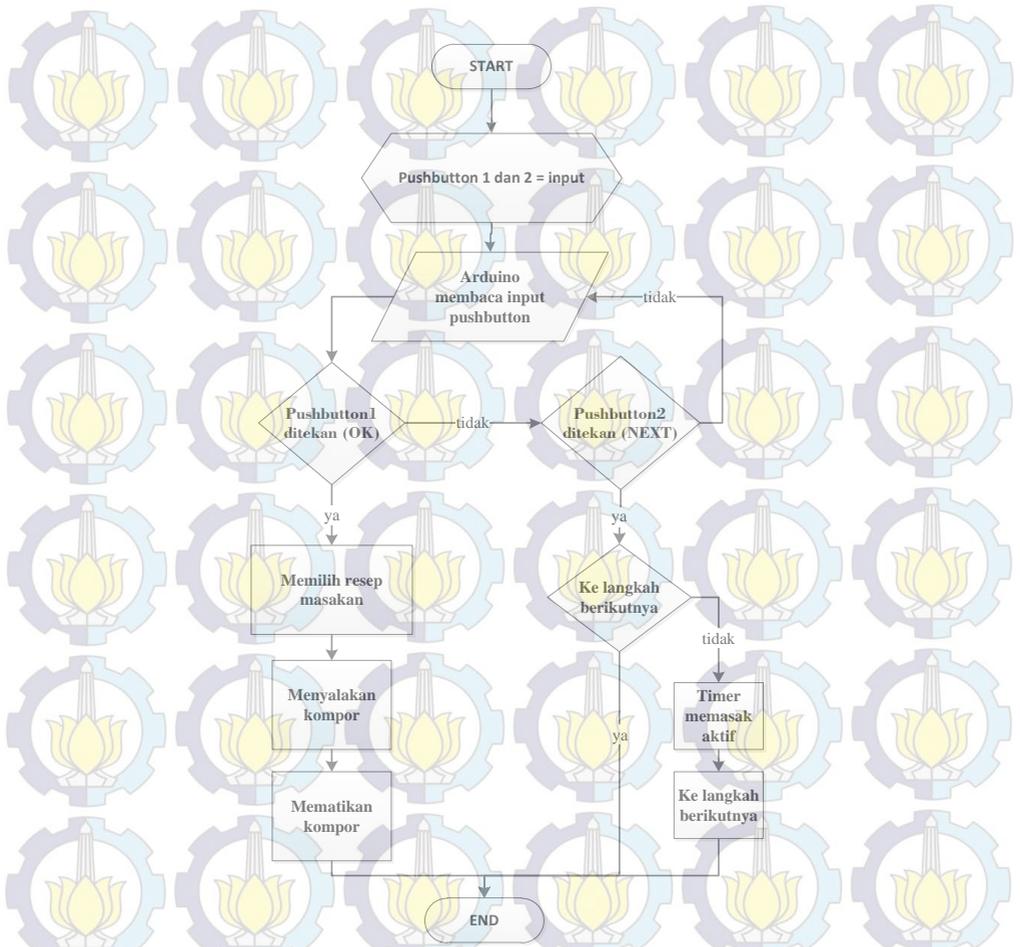


Gambar 3. 18 Flowchart pembacaan suhu

Termokopel yang ditempelkan pada panci teflon akan mengalami perubahan tegangan ketika suhunya berubah, kemudian nilai analog dari termokopel tipe K akan diubah menjadi nilai digital oleh modul MAX6675, output dari MAX6675 akan masuk pada pin digital Arduino.

3.5.2 Proses Scanning Pushbutton

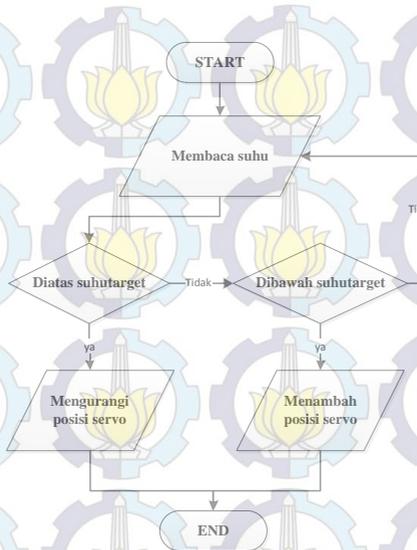
Pushbutton yang digunakan ada dua, satu *pushbutton* sebagai ‘OK’ *button* dimana memiliki 3 kondisi, yakni untuk memilih resep masakan, menyalakan kompor, dan mematikan kompor. Sedangkan *pushbutton* satunya sebagai ‘NEXT’ *button* dimana memiliki 2 kondisi, yakni sebagai tombol untuk melanjutkan ke langkah berikutnya dan untuk memulai *timer* pada langkah-langkah memasak. Kedua tombol ini digunakan untuk menavigasi pemasak dalam menjalankan alatnya. Adapun *flowchart*nya adalah:



Gambar 3. 19 Flowchart scanning pushbutton

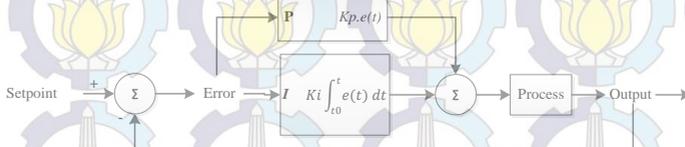
3.5.3 Sistem Kontrol Proporsional Integral

Pada tugas akhir ini sistem yang digunakan adalah kontrol proporsional-integral. Kontrol diperlukan untuk mengatur perubahan posisi servo atau mengatur besar nyala api sehingga didapatkan suhu yang diharapkan.



Gambar 3. 20 Flowchart kontrol proporsional

Adapun diagram blok sistem kontrol proporsional integral apabila dimasukkan dalam *plan* adalah:



Gambar 3. 21 Kontrol Proporsional Integral pada pada plant

Pada gambar 3.21 ditentukan *setpoint* berupa suhu yang diinginkan kemudian didapatkan eror melalui selisih *setpoint* dengan suhu yang terbaca. Kemudian eror yang didapatkan dikalikan dengan nilai K_p dan K_i , setelah didapatkan nilai proporsional dan integralnya, kedua nilai dijumlahkan untuk dimasukkan ke dalam proses atau *plant*.

BAB IV PENGUKURAN DAN ANALISIS SISTEM

Pengujian kompor dengan suhu terprogram terdiri dari beberapa pengujian, diantaranya pengujian mekanik, pengujian pengujian perangkat elektrik, pengujian program, pengujian memasak, dan evaluasi sistem. Sebelum dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan perlu dilakukan pengujian masing-masing komponen untuk mengetahui apakah komponen berfungsi atau tidak.

4.1 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan untuk mengetahui setiap komponen dapat berfungsi dengan baik. Berikut adalah pengujian beberapa bagian kompor.

4.3.1 Pengujian Sensor Termokopel

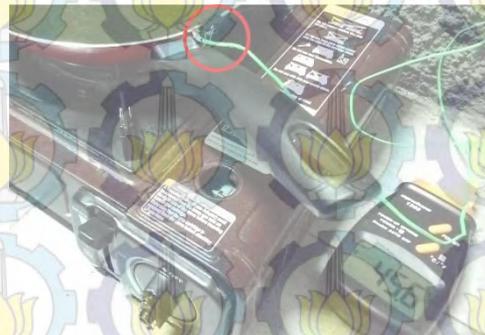
Sebelum termokopel diaplikasikan pada sistem, termokopel perlu diuji dan dikalibrasi dengan termometer. Pengujiannya disini menggunakan termometer digital dimana termometer juga menggunakan sensor termokopel. Adapun tampilan termometer digital yang digunakan adalah:



Gambar 4. 1 Termometer digital merek "apuhua 1300"

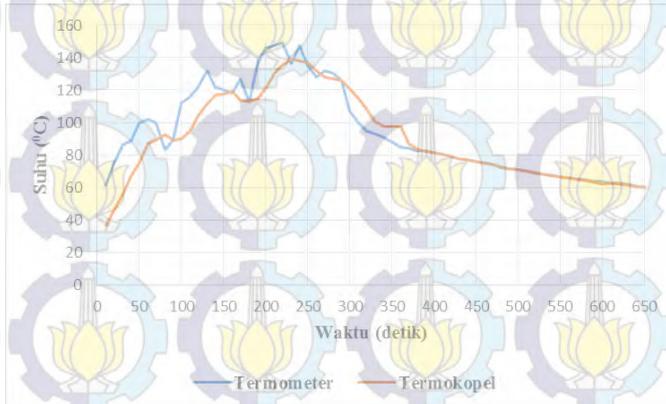
Sedangkan metode pengukuran suhunya adalah dengan meletakkan ujung batang ukur termometer ditempelkan dengan termokopel, sehingga diharapkan suhu yang terukur pada termometer

sama dengan ujung termokopel. Adapun gambarannya pengukurannya adalah:



Gambar 4. 2 Metode kalibrasi suhu

Adapun hasil yang diperoleh setelah melakukan kalibrasi suhu adalah:



Gambar 4. 3 Kalibrasi suhu termometer dengan termokopel

Pada pengujian digunakan 350ml air kemudian api dinyalakan selama 300 detik kemudian api dimatikan. Pada awal pengukuran terlihat sudah ada perbedaan pengukuran dengan selisih sebesar 25 – 30 °C. Perbedaan pengukuran terus mengecil seiring dengan perubahan naiknya suhu sampai mencapai titik yang mempunyai pengukuran suhu yang sama, yakni +/- 140 °C, titik saturasi suhu ada pada suhu tersebut karena media yang dimasak adalah air sehingga panas dari

kompor merambat ke air yang mendidih, Kemudian suhu mulai turun mengalami perbedaan pengukuran juga pada rentang suhu 125 – 85 °C +/- sebesar 10 °C. Pada suhu di bawah 85 °C sampai dengan akhir pengukuran atau 60 °C pengukuran menunjukkan hasil yang sama dan hanya terjadi selisih suhu maksimal 0,5 °C.

4.3.2 Pengujian PCB Board

Pengujian *pcb board* dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat tanggapan sistem terhadap input diluar sistem, pengujian juga dilakukan untuk mengetahui daya tahan *pcb* apabila dipakai berulang kali. Adapun tampilan *pcb* yang akan diuji adalah:



Gambar 4. 4 Tampilan utama *PCB board*

Gambar 4.4 adalah tampilan utama ketika program dinyalakan, pada baris 1 sampai 3 menampilkan karakter yang nantinya juga untuk menampilkan pilihan resep masakan dan langkah-langkah memasak. Sedangkan pada baris ke 4 adalah tampilan suhu yang terukur pada panci teflon.

Pada pengujiannya ini ada beberapa komponen yang perlu diuji coba, diantaranya:

1. Potensiometer sebagai pengaturan kontras LCD *display*, pada pengujian ketika potensiometer diputar ke kiri tampilan LCD akan menghilang dan dot piksel tiap matriks memudar. Begitu juga sebaliknya apabila diputar ke kanan dot piksel akan semakin jelas dan menyatu dengan karakter yang ditampilkan.
2. Tombol 'OK', seperti yang disebabkan pada bab sebelumnya, tombol 'OK' memiliki tiga kondisi, yakni memilih resep masakan, menyalakan, dan mematikan kompor. Pada pengujian ketika masuk pada tampilan pilihan resep masakan, ketika tombol



‘OK’ ditekan program akan langsung masuk pada fungsi resep masakan, ketika ditekan lagi untuk kedua kalinya kompor menyala, dan ketika ditekan lagi kompor mati. Tida kondisi ini dapat diaktifkan di tampilan LCD bagian manapun juga, pada pengujian pada tampilan utama LCD ketika tombol ditekan sekali tidak ada perubahan yang terjadi pada tampilan LCD, ketika ditekan yang kedua kalinya kompor menyala, dan ketika ditekan yang ketiga kalinya kompor mati.

3. Tombol ‘NEXT’, tombol ini berfungsi untuk menampilkan perintah atau tampilan selanjutnya pada LCD, pada pengujian ketika LCD mode *home screen* setelah tombol ‘NEXT’, LCD berubah menjadi tampilan pilihan resep masakan seperti halnya yang ada pada program.
4. Pengujian pin *header* pada *pcb*, pada *pcb* ada tiga jenis pin, yakni pin MAX6675, pin catu daya servo, dan pin servo. Pada pengujian pin MAX6675, ketika pin tidak disambungkan tampilan suhu pada LCD 0.00, “nan”, dan juga terkadang menampilkan angka ribuan atau pada kondisi ini bisa dikatakan eror. Setelah pin disambungkan suhu pada termokopel langsung langsung terbaca pada LCD. Pin selanjutnya adalah pin catu daya servo, apabila pin ini tidak disambungkan dengan sumber 5 Volt 1 A, maka walaupun servo sudah disambungkan maka servo tidak akan bergerak karena tidak mendapatkan catu daya, sedangkan pin servo adalah pin yang harus disambungkan pada 3 pin kabel servo.
5. Pengujian selanjutnya adalah pengujian Arduino pin *shield* dan LCD pin *shield*, arsitektur *pcb* disini didesain agar mudah dibongkar pasang dan praktis. Pada pengujian *shield* Arduino dicopot dan dipasang apakah pin *shield* dapat terhubung dengan baik atau tidak. Pengujian yang sama juga dilakukan pada pin *shield* LCD *display* 20x4.

4.3.3 Pengujian Motor Servo

Pada pengujian motor servo disini tidak hanya menguji apakah servo berfungsi atau tidak, tapi juga apakah servo dapat menggerakkan katup atau tidak. Servo yang sudah dipasang tegak lurus dengan katup kompor kemudian diberi catu daya dan diuji apakah servo bisa berfungsi atau tidak. Dengan memanfaatkan bahasa C Arduino yang dengan mudah dapat mengontrol servo hanya dengan

mengontrol memasukkan nilai derajat posisi yang diinginkan. Misalnya:

myservo.write (90);

Pada kodingan tersebut servo Arduino memerintahkan servo untuk bergerak menuju posisi 90°, karena katup melekat kuat pada lengan servo maka katup juga ikut bergerak sesuai posisi servo yakni 90°.

Setelah dilakukan pengujian kontrol katup menggunakan servo, pada instalasi sebenarnya posisi servo tidak sama dengan posisi katup. Pada posisi katup 0° posisi servo diatur 40° sehingga pada inisialisasi *software* Arduino posisi servo dibuat 40°, hal ini dikarenakan apabila posisi servo dibuat 0° maka katup akan bergerak lebih ke kiri atau kurang dari 0° dan tentu saja hal itu tidak mungkin, apabila dipaksakan maka dapat merusak servo karena mendapatkan beban tak hingga.

4.3.4 Pengujian Nyala Kompor

Ada beberapa tahapan dalam pengujian nyala kompor, tahapan pengujian nyala kompor adalah sebagai berikut:

1. Pengujian nyala kompor secara manual menggunakan tangan, hal ini dilakukan untuk memastikan kompor dapat menyala tanpa masalah apabila dinyalakan secara manual. Pada tahap ini pemantik masih menggunakan pemantik tumbuk, pemantik bawaan dari kompor.
2. Pengujian selanjutnya adalah pengujian nyala kompor menggunakan servo, pada tahap ini katup direkatkan dengan lengan servo agar katup bergerak sesuai posisi servo, namun pada tahap ini penahan servo belum dibuat dan penahan menggunakan tangan, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah torsi mampu menekan pemantik tumbuk atau tidak, penahan menggunakan tangan agar tidak ada faktor mekanik lain yang mempengaruhi torsi servo. Pada saat pengujian kompor dapat menyala dan torsi servo mampu untuk menekan pemantik tumbuk.
3. Setelah mengetahui bahwa torsi servo mampu untuk menekan pemantik, dibuatlah penahan servo yang terbuat dari akrilik tebal 5 mm yang dikaitkan dengan badan kompor. Setelah diuji beberapa kali ternyata pemantik tidak selalu menyala. Adapun tabel percobaannya adalah:

Tabel 4. 1 Tabel pengujian nyala kompor memakai pemantik tumbuk

Uji ke	Kondisi
1	Mati
2	Mati
3	Nyala
4	Mati
5	Mati
6	Mati
7	Mati
8	Nyala
9	Mati
10	Mati

Dari tabel pengujian 4.1 kompor tidak selalu menyala sehingga masalah ini merupakan masalah utama karena sistem dibuat kompor menyala secara otomatis. Maka dari itu dicarilah solusi lain dalam menyalakan kompor sehingga kompor dapat dinyalakan oleh servo dengan mudah.

4.3.5 Pengujian Mekanik Pemantik Kompor

Pada subbab sebelumnya dijelaskan bahwa terjadi masalah dalam sistem mekanik pemantik kompor, sehingga pemantik kompor dimodifikasi. Kali ini pemantik tumbuk sudah tidak dipakai lagi, digantikan dengan pemantik listrik yang menggunakan sumber baterai 1,5 Volt, untuk menyalakannya menggunakan *limit switch* yang berfungsi sebagai saklar diletakkan ditempat pemantik tumbuk berada. Pada pengujian ini kompor dapat menyala dengan mudah karena servo tidak membutuhkan gaya yang besar untuk menekan *limit switch*. Adapun tabel percobaan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Tabel uji nyala kompor memakai pemantik listrik

Uji ke	Kondisi	Uji ke	Kondisi
1	Mati	...	Nyala
2	Nyala	41	Nyala
3	Nyala	42	Nyala
4	Nyala	43	Nyala
5	Nyala	44	Nyala
6	Nyala	45	Nyala
7	Nyala	46	Nyala
8	Nyala	47	Nyala
9	Nyala	48	Nyala
10	Nyala	49	Nyala
...	Nyala	50	Nyala

Berdasarkan tabel 4.2 terlihat kompor sudah bisa menyala secara terus menerus, dan hanya tidak menyala 1 kali dari 50 kali percobaan. Setelah dimasukkan ke sistem utama kompor sudah bisa menyala dan berjalan dengan lancar.



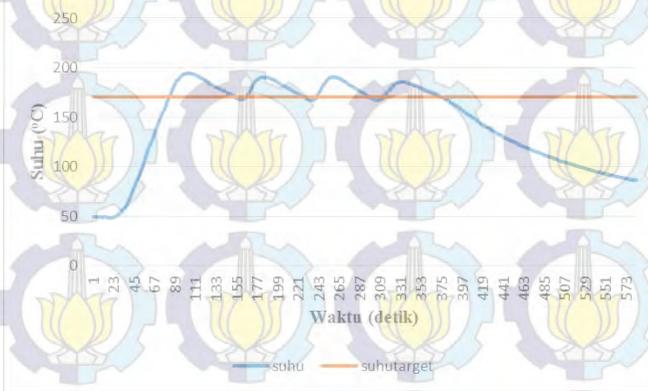
Gambar 4. 5 Uji nyala kompor memakai pemantik listrik

4.3.6 Pengujian Kontrol Sistem

Sistem kompor dengan kontrol suhu terprogram perlu diberi kontrol agar bisa mengatur servo, kontrol yang digunakan mempengaruhi respon sistem dan juga output yang diinginkan. Pada *plant* yang akan digunakan direncanakan menggunakan kontrol proporsional atau kontrol proporsional integral. Adapun hasil pengujian adalah sebagai berikut.

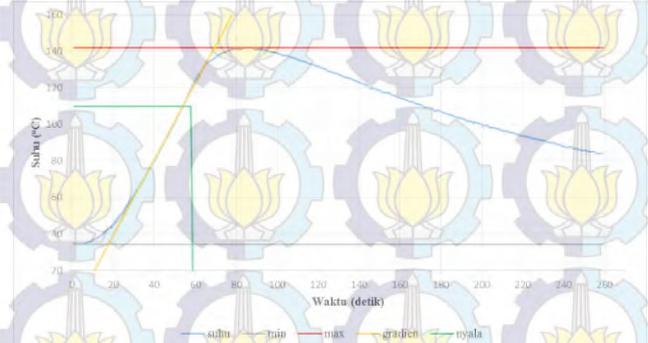
1.1.6.1 Pengujian Kontrol Proporsional

Pada pengujian pertama kontrol yang digunakan adalah kontrol proporsional dimana konstanta proporsional ditentukan melalui metode *trial error* dan metode *Ziegler-Nichols*. Pengujian dilakukan pada salah satu resep masakan yakni masak telur. Adapun hasil grafiknya adalah:



Gambar 4. 6 Grafik pengujian kontrol proporsional

Pada grafik telur dimasak selama +/- 6 menit dengan pengaturan suhu target 170 °C, $K_p = 2$. Apabila menggunakan metode *Ziegler-Nichols* pertama-tama adalah mencari grafik S dari *unit step* berupa kompor yang dinyalakan selama beberapa waktu. Adapun grafiknya adalah



Gambar 4. 7 Metode *Ziegler-Nichols*

Pada grafik garis hijau adalah ketika kompor menyala, garis biru adalah suhu yang terukur pada panci, garis abu-abu adalah suhu minimal yang terukur, garis merah adalah titik saturasi dari suhu maksimal, sedangkan garis oranye adalah gradien yang digunakan untuk mencari nilai T dan L. Adapun langkah-langkah untuk mencari nilai T dan L pertama-tama dengan menentukan rentang garis paling linier dari garis oranye. Sehingga didapatkan nilai (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) . Adapun perhitungan mencari nilai gradien m adalah sebagai berikut:

$$(x_1, y_1) = (33, 66.25)$$

$$(x_2, y_2) = (56, 114)$$

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

$$\frac{y - 66.25}{114 - 66.25} = \frac{x - 33}{56 - 33}$$

$$y = 2.076x + 2.260$$

Dimana $m = 2.076$. Setelah didapatkan nilai m dicari titik bawah untuk menentukan nilai x melalui perpotongan garis antara suhu minimal dengan gradien dan titik atas untuk menentukan nilai x melalui perpotongan garis antara suhu maksimal dengan gradien. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

Titik bawah = suhu saturasi minimal – gradien

Titik atas = gradien – suhu saturasi maksimal

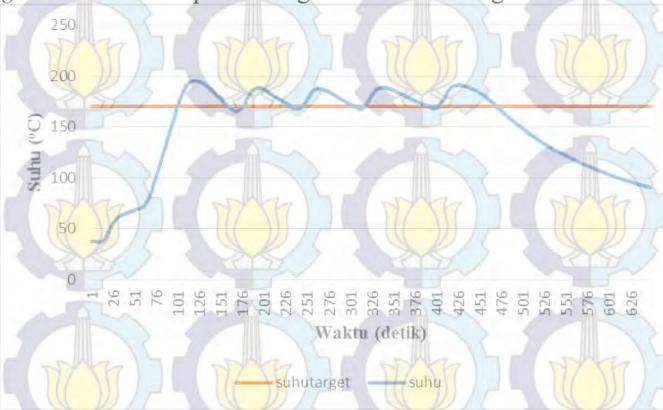
Titik bawah dan titik atas dicari sampai dengan mendapatkan nilai yang mendekati 0, pada nilai titik bawah ditarik ke sumbu x maka didapatkanlah nilai $L = 18$. Pada nilai titik atas ditarik ke sumbu x kemudian nilainya dikurangi dengan nilai L maka didapatkanlah nilai T , yakni $69-18 = 51$. Berdasarkan grafik *Ziegler-Nichols* nilai K_p didapatkan dengan rumus:

$$K_p = T/L$$

$$K_p = 51/18$$

$$K_p = 2.83$$

Ternyata K_p dari metode *trial error* dan metode ini hampir sama, maka penulis mengambil salah satu nilai K_p yakni K_p dari metode *Ziegler-Nichols*. Adapun hasil grafik adalah sebagai berikut



Gambar 4. 8 Pengujian kontrol proporsional metode Ziegler-Nichols

Respon grafik yang dihasilkan dari kedua metode ini hampir sama yakni grafik mengalami titik osilasi yang merupakan karakteristik dari kontrol proporsional. Sehingga untuk memperbaiki kontrol diperlukan kontrol integral agar output suhu benar-benar sesuai dengan yang diinginkan.

1.1.6.2 Pengujian Kontrol Proporsional Integral

Setelah didapatkan nilai T dan L melalui metode *Ziegler-Nichols* adapun rumus untuk mendapatkan K_p dan K_i adalah:

$$K_p = 0.9(T/L)$$

$$K_p = 0.9(51/18)$$

$$K_p = 2.55$$

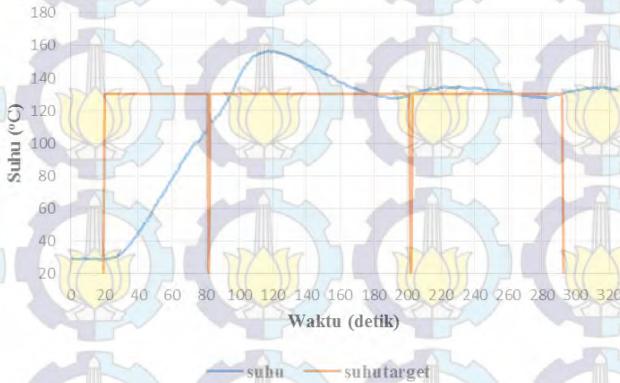
$$K_i = K_p/T_i, \text{ dimana}$$

$$T_i = L/0.3$$

$$T_i = 18/0.3$$

$$T_i = 60,$$

$$K_i = 2.55/60$$
$$K_i = 0.0425$$



Gambar 4. 9 Pengujian kontrol proporsional metode *Ziegler-Nichols*

Pada grafik terlihat sudah tidak mengalami titik osilasi karena ada penambahan kontrol proporsional pada sistem. Sehingga untuk selanjutnya kontrol yang dipakai pada sistem adalah kontrol proporsional-integral dikarenakan output suhu lebih sesuai dengan suhu yang diinginkan.

4.2 Pengujian Sistem Keamanan Kompor

Pengujian sistem keamanan dilakukan untuk menguji coba apakah sistem keamanan sudah benar-benar aman atau belum, sebelum diuji coba ke orang awam atau orang yang masih belajar memasak. Pada saat pengujian tombol 'RESET' berhasil membuat kompor mati dan program kembali ke kondisi awal, begitu juga dengan tombol 'OK' yang memiliki 3 kondisi, pada semua fungsi program tombol 'OK' dapat menyalakan dan mematikan kompor. Pada tahap ini kompor sudah siap untuk diuji coba baik oleh penulis sendiri dan maupun orang lain.

Pengujian keamanan selanjutnya adalah kondisi ketika listrik PLN mati, dikarenakan catu daya Arduino dan servo masih menggunakan listrik PLN maka dibutuhkan catu daya eksternal yang dapat mengantisipasi apabila listrik PLN mati. Pengujian dilakukan

dengan menyalakan alat dengan memakai catu daya dari listrik PLN, kemudian catu daya Arduino dan servo dicabut. Pada pengujian alat masih menyala karena Arduino dan servo mengambil tegangan catu daya eksternal yang dapat berupa baterai 9 sampai 12 Volt atau powerbank. rangkaian menggunakan IC 7805 dan dioda 1N4007 yang berfungsi sebagai regulator tegangan. Jadi ketika Arduino dan servo tidak mendapatkan catu daya dari listrik PLN, Arduino dan servo akan langsung mengambil tegangan dari catu daya eksternal. Tapi apabila listrik PLN sudah menyala kembali maka Arduino dan servo akan kembali mengambil tegangan dari listrik PLN. Untuk catu daya listrik PLN, catu daya memakai *power supply switching* berupa *charger handphone* dengan tegangan output 5 Volt dan arus 1 sampai 2 Ampere.

4.3 Pengujian Memasak

Setelah semua pengujian masing-masing komponen berfungsi dengan baik, maka dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan dengan cara memasak atau menjalankan programnya. Dalam tahap ini pengujian dilakukan oleh beberapa subyek penguji.

4.3.1 Pengujian Memasak Telur

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil masakan telur yang dimasak secara manual dibandingkan dengan telur yang dimasak secara terkontrol. Pada telur yang dimasak secara manual suhu kerja yang terukur pada termokopel ketika dilakukan pengamatan adalah 130 – 150 °C, sehingga apabila dimasukkan pada sistem suhu yang diatur pada rentang suhu tersebut. Pada sistem yang dibuat ada dua tipe kontrol yakni kontrol suhu dan kontrol waktu, pada memasak telur kontrol suhu dibuat hanya satu karena memang yang dibutuhkan hanya satu kali kontrol suhu, sedangkan kontrol waktu ada tiga tahap yakni ketika memanaskan minyak atau margarin, memasukkan telur, dan membalik telur. Adapun tabel pengujiannya adalah sebagai berikut:

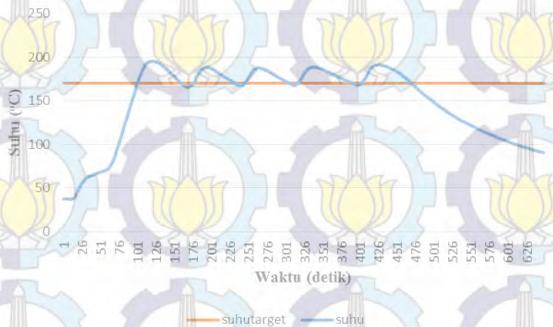
Tabel 4.3 Tabel pengujian telur

NO	KONTROL SUHU			KONTROL WAKTU			Kontrol PI		Tester
	Suhutarget1	Suhutarget2	Suhutarget3	Waktu1	Waktu2	Waktu3	Kp	Ki	
1	170	170	170	60 detik	120 detik	180 detik	2	-	Esi
2	170	170	170	60 detik	120 detik	150 detik	2	-	Esi
3	170	170	170	60 detik	120 detik	120 detik	2	-	Ruliana
4	170	170	170	60 detik	120 detik	90 detik	2	-	Esi
5	150	150	150	60 detik	120 detik	90 detik	2,55	0,0425	Imam
6	130	130	130	60 detik	120 detik	90 detik	2,55	0,0425	Imam

Pada tabel 4.3 percobaan 1 sampai 4 menggunakan kontrol proporsional. Sedangkan tabel yang di blok biru menandakan parameter yang sesuai dengan hasil telur yang diinginkan. Adapun hasil pengujiannya adalah sebagai berikut:

a. Pengujian 1 masak telur:

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4.10 Grafik pengujian 1 memasak telur

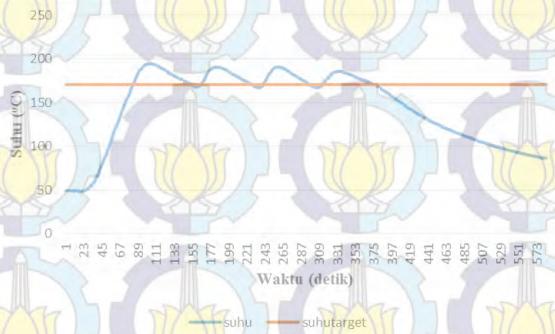


Gambar 4. 11 Hasil pengujian 1 memasak telur

Dari gambar 4.11 terlihat pada bagian pinggir telur terlihat gosong dikarenakan suhu target yang diinginkan terlalu panas.

b. Pengujian 2 masak telur:

Pada pengujian 2 Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 12 Grafik pengujian 2 masak telur

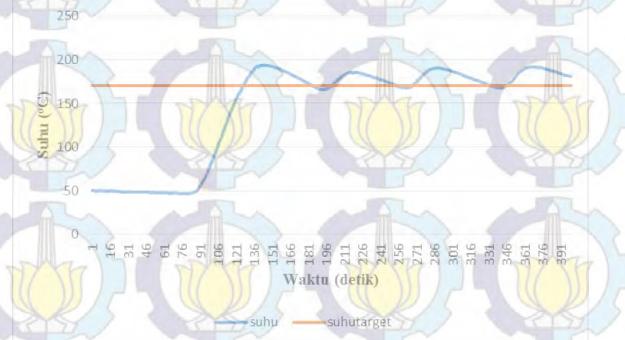


Gambar 4. 13 Hasil pengujian 2 memasak telur

Perbedaan dari pengaturan sebelumnya parameter pada Waktu3 pengaturan waktunya dikurangi 30 detik, namun pada gambar 4.13 hasil masakanya tidak berbeda dengan pengujian 1 dimana terdapat sedikit gosong pada tepi telur.

c. Pengujian 3 masak telur:

Pada pengujian 3 suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 14 Grafik pengujian 3 masak telur

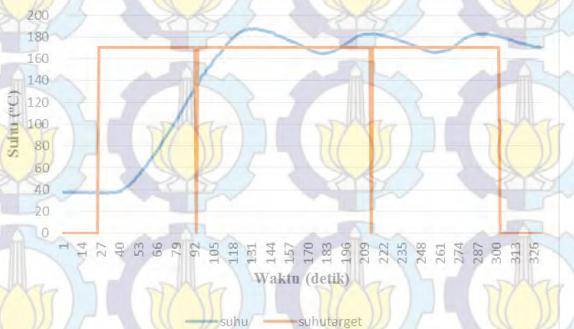


Gambar 4. 15 Hasil pengujian 3 memasak telur

Pada pengujian 3 parameter yang diubah ada di Waktu3 dimana dikurangi 30 detik menjadi 2 menit. Hasil yang didapatkan tekstur sudah pas dan matang sempurna tapi pada tepi telur masih terlihat sedikit gosong seperti pada gambar 4.15.

d. Pengujian 4 masak telur:

Pada pengujian 4 suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 16 Grafik pengujian 4 memasak telur

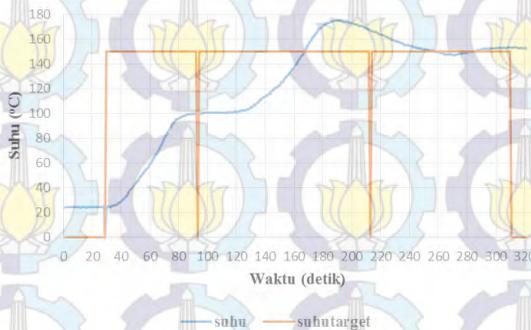


Gambar 4. 17 Hasil pengujian 4 masak telur

Pada pengujian ini hasil yang didapatkan parameter Waktu3 dikurangi 30 detik lagi yakni menjadi 90 detik, pada gambar 4.17 hasil yang dipatkan ternyata masih terdapat gosong dipinggir walaupun tengah telur sudah matang sempurna.

e. Pengujian 5 masak telur:

Pada pengujian 5 suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 18 Grafik pengujian 5 masak telur

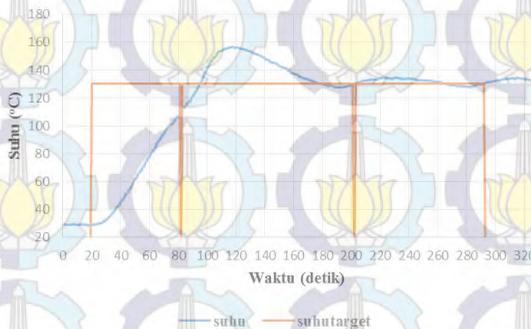


Gambar 4. 19 Hasil pengujian 5 memasak telur

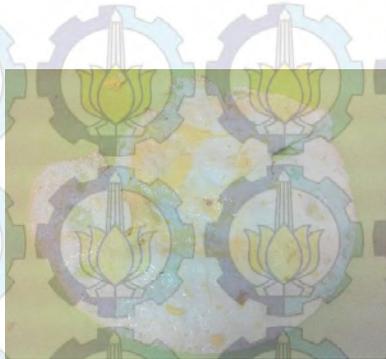
Pada pengujian 5 kontrol diganti menggunakan kontrol proporsional dan integral untuk mendapatkan output suhu sesuai dengan suhu yang diinginkan, parameter suhutarget diturunkan menjadi 150° dan dengan pengaturan Waktu1 1 menit, Waktu2 2 menit, dan Waktu3 90 detik. Hasil yang didapatkan tengah telur sudah matang dan tepi telur masih terlihat gosong.

f. Pengujian 6 masak telur:

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 20 Grafik pengujian 5 memasak telur



Gambar 4. 21 Hasil pengujian 6 memasak telur

Pada pengujian 6 parameter pengaturan waktu tetap sedangkan parameter yang diubah adalah parameter suhu, baik Suhutarget1, Suhutarget2, Suhutarget3 diturunkan menjadi 130°. Sehingga hasil masakan yang didapat permukaan telur matang secara merata baik sisi tengah maupun sisi tepi telur sehingga pada kondisi telur seperti ini dengan adanya tambahan kondisi pilihan bagi pemasak dapat membuat telur matang seperti gambar ataupun ingin menggosongkan telur dengan memasak telur lebih lama.

4.3.2 Pengujian Memasak Scallop Ikan

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil masakan scallop yang dimasak secara manual dibandingkan dengan scallop yang dimasak secara terkontrol. Pada scallop yang dimasak secara manual suhu kerja yang terukur pada termokopel ketika dilakukan pengamatan adalah 125 – 135 °C, sehingga apabila dimasukkan pada sistem suhu yang diatur pada rentang suhu tersebut. Pada sistem yang dibuat ada dua tipe kontrol yakni kontrol suhu dan kontrol waktu, pada memasak scallop kontrol suhu dibuat hanya satu karena memang yang dibutuhkan hanya satu kali kontrol suhu, sedangkan kontrol waktu ada empat tahap yakni ketika memanaskan minyak, memasukkan scallop, dan membalik scallop, dan membalik scallop lagi. Adapun tabel pengujiannya adalah sebagai berikut:

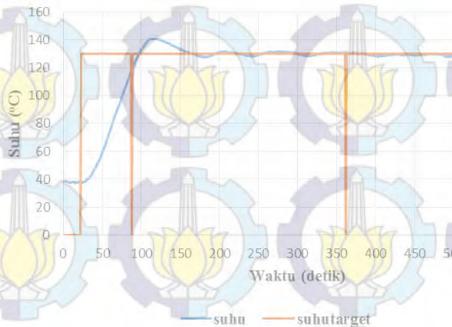
Tabel 4. 4 Tabel pengujian scallop ikan

NO	KONTROL SUHU				KONTROL WAKTU				Kontrol PI	
	Suhutarget1	Suhutarget2	Suhutarget3	Suhutarget4	Waktu1	Waktu2	Waktu3	Waktu4	Kp	Ki
1	130	130	130	130	1'	4' 30"	3'	30"	2.55	0.0425
2	160	160	160	160	1'	4' 30"	3'	30"	2.55	0.0425
3	100	100	100	100	1'	4' 30"	3'	30"	2.55	0.0425

Pada tabel 4.4 percobaan 1 sampai 3 menggunakan kontrol proporsional integral. Sedangkan tabel yang di blok biru menandakan parameter yang sesuai dengan hasil telur yang diinginkan. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

a. Pengujian 1 masak scallop

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik scallop), dan Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (membalik scallop lagi) dimana pada pengaturan resep scallop ini setelah langkah membalik scallop selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik scallop apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



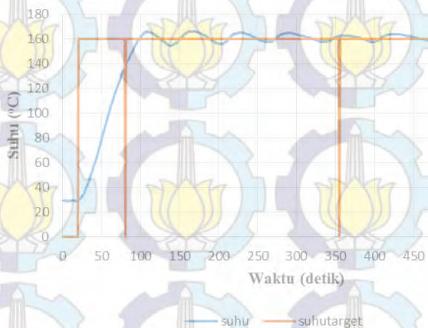
Gambar 4. 22 Grafik pengujian 1 scallop ikan

Gambar 4. 23 hasil pengujian 1 scallop ikan

Pada pengujian 1 terlihat scallop sudah matang merata juga teksturnya sesuai dengan yang diinginkan. Pada pengujian ini dicoba memasak lebih dari 2 scallop dengan pengaturan parameter yang sama didapatkan hasil yang sama juga, sehingga dapat disimpulkan jumlah scallop yang dimasak tidak mempengaruhi hasil masakan.

b. Pengujian 2 masak scallop

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik scallop), dan Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (membalik scallop lagi) dimana pada pengaturan resep scallop ini setelah langkah membalik scallop selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik scallop apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



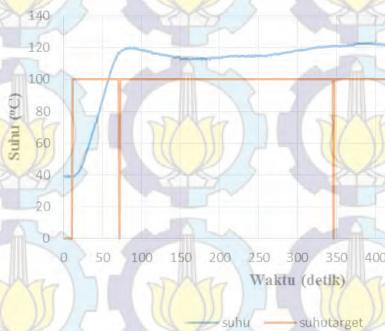
Gambar 4. 24 Grafik pengujian 2 scallop ikan

Gambar 4. 25 Hasil pengujian 2 scallop ikan

Pada pengujian 2 scallop ada gosongnya, sehingga dapat disimpulkan apabila suhu diatur melebihi suhu kerja yang digunakan untuk memasak scallop maka scallop akan semakin gosong.

c. Pengujian 3 masak scallop

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik scallop), dan Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (membalik scallop lagi) dimana pada pengaturan resep scallop ini setelah langkah membalik scallop selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik scallop apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 26 Grafik pengujian 3 scallop ikan

Gambar 4. 27 Hasil pengujian 3 scallop ikan

Pada pengujian 3 terlihat scallop kurang matang dan masih terlihat ada putih mentahnya dikarenakan pengaturan suhu target yang terlalu kecil yakni 100° C.

4.3.3 Pengujian Memasak Roti Bakar

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil masakan roti bakar yang dimasak secara manual dibandingkan dengan roti bakar yang dimasak secara terkontrol. Pada roti bakar yang dimasak secara manual suhu kerja yang terukur pada termokopel ketika dilakukan pengamatan adalah 110 – 130 °C, sehingga apabila dimasukkan pada sistem suhu yang diatur pada rentang suhu tersebut. Pada sistem yang dibuat ada dua tipe kontrol yakni kontrol suhu dan kontrol waktu, pada pengujian roti bakar roti kontrol suhu dicoba dibuat dua kali kontrol dan satu kali kontrol suhu, sedangkan kontrol waktu ada dua tahap yakni ketika memasukkan roti, dan membalik roti. Adapun tabel pengujiannya adalah sebagai berikut:

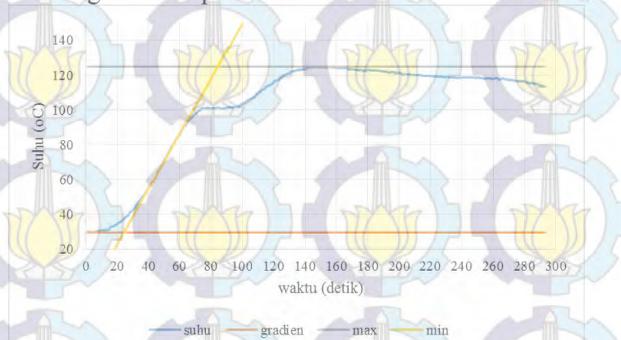
Tabel 4. 5 Tabel pengujian roti bakar

NO	KONTROL SUHU			KONTROL WAKTU		Kp		Tester
	Suhutarget1	Suhutarget2	Suhutarget3	Waktu1	Waktu2	Kp	Ki	
1	90	110	0	2 menit	2 menit	0.5	-	Imam
2	-	150	0	4 menit	4 menit	0.5	-	Imam
3	-	130	0	2 menit	2 menit	2	-	Novem
4	-	130	0	2 menit	2 menit	2.55	0.0425	Anjik

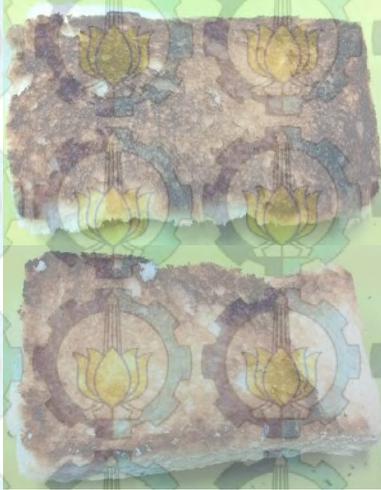
Pada tabel 4.5 percobaan 1 sampai 3 menggunakan kontrol proporsional dan pengujian 4 menggunakan kontrol proporsional integral. Sedangkan tabel yang di blok biru menandakan parameter

yang sesuai dengan hasil telur yang diinginkan. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian 1 roti bakar
Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan roti bakar), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit,) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 28 Grafik pengujian 1 roti bakar

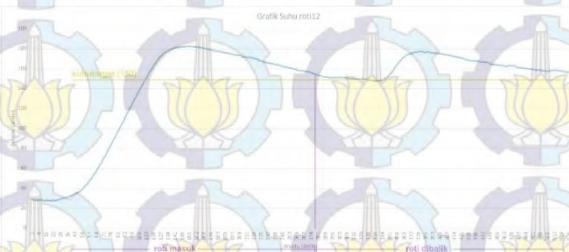


Gambar 4. 29 Hasil pengujian 1 roti bakar

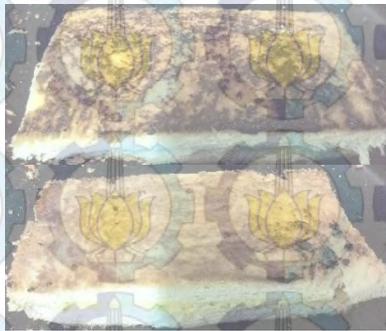
Dari gambar 4.29 terlihat roti matang tapi ada beberapa kegosongan karena sisi luar roti tidak diberi margarin secara merata.

b. Pengujian 2 roti bakar

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan roti bakar), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit,) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



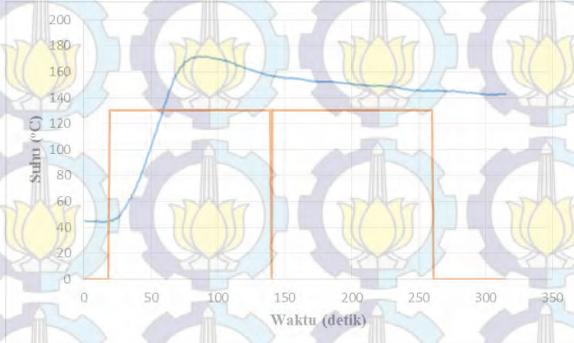
Gambar 4. 30 Grafik pengujian 2 roti bakar



Gambar 4. 31 Hasil pengujian 2 roti bakar

c. Pengujian 3 roti bakar

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memasukkan roti bakar), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (membalik roti bakar) kemudian ditunggu 2 menit dimana pada pengaturan resep roti bakar setelah langkah membalik roti selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik roti apabila kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 32 Grafik pengujian 3 roti bakar

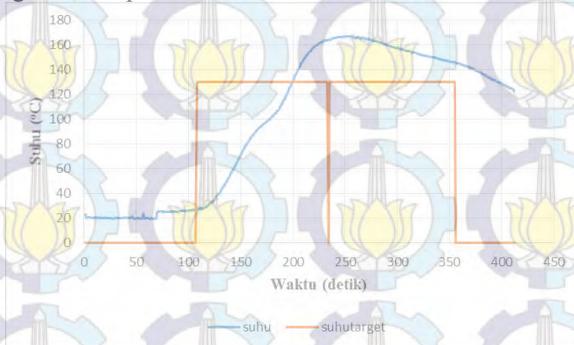


Gambar 4. 33 Hasil pengujian 3 roti bakar

Pada pengujian 4.33 terlihat roti matang sempurna walaupun hanya menggunakan kontrol proporsional sekalipun dengan pengaturan suhu target 130° .

d. Pengujian 4 roti bakar

Pada pengujian 4 uhu target 1 untuk pengaturan suhu Waktu 1 (memasukkan roti), Suhu target 2 untuk pengaturan suhu Waktu 2 (membalik roti) kemudian ditunggu 2 menit, dimana pada pengaturan resep roti bakar setelah langkah membalik roti selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik roti apabila kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 34 Grafik pengujian 4 roti bakar



Gambar 4. 35 Hasil pengujian 4 roti bakar

Dengan pengaturan parameter suhu target dan waktu yang sama, pada pengujian ini terlihat juga roti matang sempurna dimana kontrol menggunakan kontrol proporsional integral, dapat disimpulkan untuk memasak roti bakar kontrol proporsional dengan kontrol proporsional integral tidak begitu mempengaruhi hasil makanan.

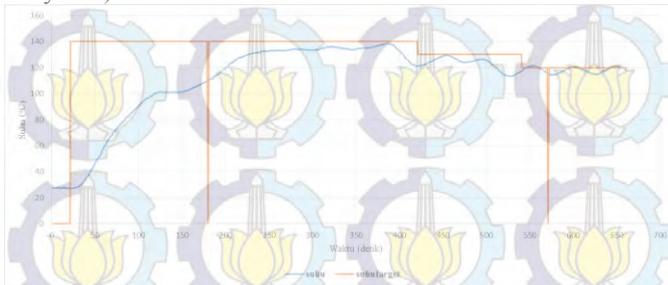
4.3.4 Pengujian Memasak Sayur Sop

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil masakan sop yang dimasak secara manual dibandingkan dengan sop yang dimasak secara terkontrol. Pada sop yang dimasak secara manual suhu kerja yang terukur pada termokopel ketika dilakukan pengamatan adalah 120 – 150 °C, sehingga apabila dimasukkan pada sistem suhu yang diatur pada rentang suhu tersebut. Pada sistem yang dibuat ada dua tipe kontrol yakni kontrol suhu dan kontrol waktu, pada pengujian sop kontrol suhu dicoba dibuat 5 kali kontrol suhu, sedangkan kontrol waktu ada 5 tahap yakni ketika memanaskan air, memasukkan wortel, buncis, dan kentang, memasukkan buncis, memasukkan bahan sisa, dan memasukkan bumbu. Adapun tabel pengujiannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Tabel pengujian sayur sop

NO	KONTROL SUHU					KONTROL WAKTU					Tester
	Suhutar get1	Suhutar get2	Suhutar get3	Suhutar get4	Suhutar get5	Waktu1	Waktu2	Waktu3	Waktu4	Waktu5	
1	140	140	130	120	120	3'	4'	2'	30"	3' 30"	Kuncoro
2	140	140	130	120	120	3'	4'	3'	30"	4'	Kuncoro
3	140	140	-	120	120	3'	5'	-	30"	3'	Mbak Vita

- a. Pengujian 1 sayur sop
 Pada pengujian 1 suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan air), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan wortel dan kentang), Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (memasukkan bahan tersisa), Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (memasukkan bumbu), Suhutarget5 untuk pengaturan suhu Waktu5 (mengaduk sayuran).



Gambar 4. 36 Grafik Pengujian 1 Sayur Sop

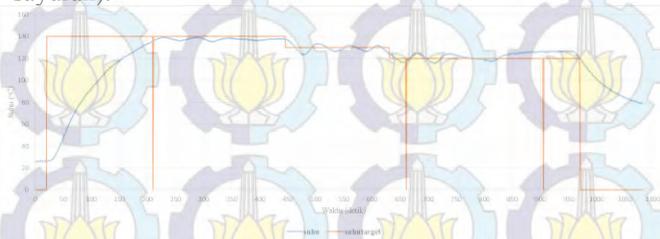


Gambar 4. 37 Hasil Pengujian 1 Sayur Sop

Pada pengujian 1 wortel dan kentang sudah matang, namun buncis masih sedikit keras dan kurang matang, sedangkan bunga kol, daun bawang, kuah sudah pas berdasarkan penguji. Pada pengujian sayur sop pengujinya lebih dari satu untuk mendapatkan parameter yang lebih sesuai dan pengujinya minimal 2 orang.

b. Pengujian 2 sayur sop

Pada pengujian 2 Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan air), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan wortel dan kentang), Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (memasukkan bahan tersisa), Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (memasukkan bumbu), Suhutarget5 untuk pengaturan suhu Waktu5 (mengaduk sayuran).



Gambar 4. 38 Grafik pengujian 2 sayur sop



Gambar 4. 39 Hasil pengujian 2 sayur sop



Pada pengujian 2 wortel dan kentang sudah matang, namun buncis matang, sedangkan bunga kol, daun bawang, kuah sudah pas berdasarkan penguji. Pada pengujian sayur sop pengujinya lebih dari satu untuk mendapatkan parameter yang lebih sesuai dan pengujinya minimal 2 orang. Pada pengujian 2 waktu untuk memasak buncis ditambah menjadi 3 menit dari yang sebelumnya 2 menit, kemudian untuk lama mengaduk sayuran juga ditambah 30 detik.

4.4 Evaluasi Sistem

Setelah dilakukan beberapa pengujian memasak resep masakan terdapat beberapa evaluasi sistem yang perlu untuk diperbaiki dan dikembangkan lagi diantaranya adalah:

1. Pada awalnya memasak dibuat harus menekan tombol 'NEXT' ketika sedang memasak, sehingga berdasarkan testimoni beberapa penguji hal tersebut merepotkan memasak, sehingga dibuatlah sistem ketika penguji sudah mulai memasak, penguji tidak perlu menekan tombol lagi dan hanya mengikuti instruksi dari LCD.
2. Setiap penguji yang baru pertama kali memasak harus dijelaskan dahulu cara kerja alat dan fungsi dari masing-masing tombol.
3. Kabel termokopel yang melekat pada gagang teflon mengganggu kenyamanan pemasak, dan terkadang ada aliran listrik statis yang membuat ketaget pemasak.

Karena termokopel sudah melekat pada satu teflon sehingga teflon yang digunakan adalah teflon yang sudah terpasang termokopel dan tidak bisa diganti lagi.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan dari Bab I sampai Bab IV penulis mencoba menarik kesimpulan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Resep yang ada pada alat mempunyai pengaturan parameter masing-masing, diantaranya untuk memasak telur dibutuhkan 3 kali pengaturan waktu, yakni ketika memanaskan minyak atau margarin (60 detik), ketika memasukkan telur (120 detik), dan ketika membalik telur (90 detik). Ketiga pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar 130° C. Untuk memasak scallop dibutuhkan 4 kali pengaturan waktu, yakni ketika memanaskan minyak atau margarin (60 detik), ketika memasukkan scallop (270 detik), ketika membalik scallop (180 detik), dan ketika membalik scallop lagi (30 detik). Keempat pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar 130° C. Untuk membuat roti bakar dibutuhkan 2 kali pengaturan waktu, yakni ketika memasukkan roti (120 detik), dan ketika membalik roti (120 detik). Kedua pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar 130° C. Untuk memasak sayur sop dibutuhkan 5 kali pengaturan waktu, yakni ketika mendidihkan air (3 menit), memasukkan wortel dan kentang (4 menit), memasukkan bahan tersisa (3 menit), memasukkan bumbu (30 detik), dan mengaduk sayuran sampai matang (4 menit).
2. Bagi orang awam yang baru mencoba sistem kompor ini harus dijelaskan terlebih dahulu fungsi dari program dan fungsi dari tiap tombol yang akan dioperasikan.
3. Secara umum sistem sudah dapat memandu pemasak melalui tampilan LCD dan fungsi *timer* pada setiap resep masakan, sehingga orang yang memasak tidak perlu khawatir lagi apakah masakannya sudah matang atau belum, selama pemasak mengikuti langkah-langkah yang ada maka masakan akan sesuai dengan yang diharapkan.

5.2 Saran

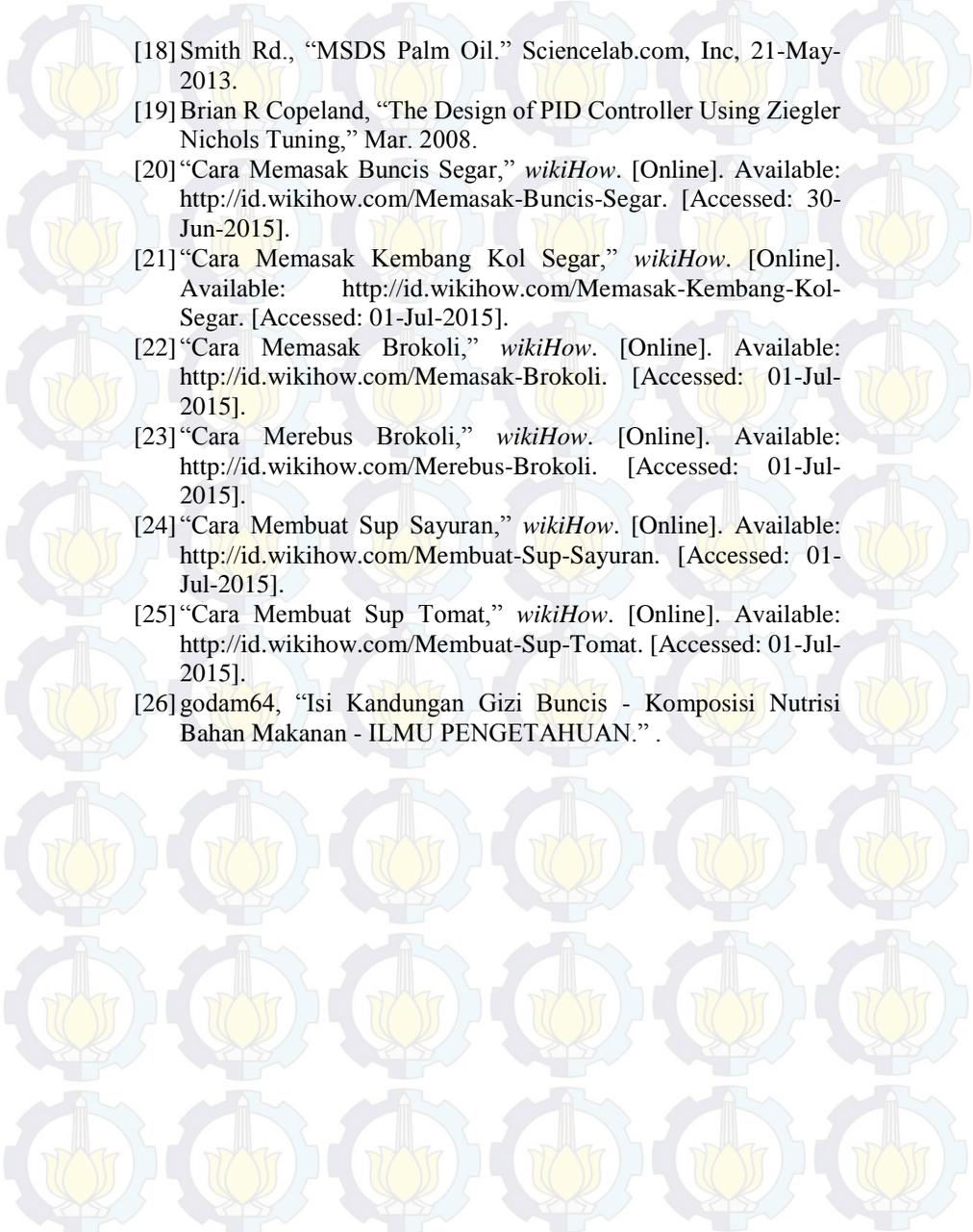
Adapun untuk perbaikan dan pengembangan alat kedepannya diantaranya adalah:

1. Dibutuhkan pengemasan alat yang lebih praktis dan tidak mengganggu kegiatan memasak, dikarenakan peletakan termokopel yang menempel pada panci teflon cukup mengganggu orang yang memasak, sehingga dibutuhkan modul atau sensor suhu lain yang lebih praktis.
2. Rangkaian yang masih dalam bentuk PCB *board* perlu dikemas menjadi lebih rapi lagi agar pemasak lebih nyaman digunakan.
3. Catu daya mikrokontroler, servo, dan pemantik listrik yang masih terpisah perlu diintegrasikan agar lebih praktis.
4. Resep masakan yang masih sedikit dan sederhana perlu ditambah lagi agar kompor lebih multifungsi.

Penggunaan mikrokontroler Arduino memiliki kapasitas penyimpanan yang terbatas yakni sebesar 32 Kbyte saja, maka dari itu perlu untuk dicoba menggunakan mikrokontroler lain yang memiliki kapasitas penyimpanan lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Cara Memasak Wortel,” *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Wortel>. [Accessed: 30-Jun-2015].
- [2] B. Li and J. Lei, “Design of industrial temperature monitoring system based on single chip microcontroller,” in *2011 International Conference on Computer Science and Service System (CSSS)*, 2011, pp. 342–344.
- [3] “MAKALAH TERMOCOUPLE,” *rikadiantoro*. .
- [4] “Cara Memasak Kentang,” *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Kentang>. [Accessed: 30-Jun-2015].
- [5] R. Diantoro, “Makalah Termokopel,” <https://rikadiantoro.wordpress.com>, Mar. 2014.
- [6] A. Parluhutan Bonor Sinaga, *Perancangan dan Implementasi Kontroler PID untuk Pengaturan Autonomous Car-Following Car*. Teknik Elektro FTI ITS, 2014.
- [7] “Revised Thermocouple Reference Tables Type K.” omega.co.uk.
- [8] H. Avriyantama, *Pengembangan Robot Hexapod Untuk Melacak Sumber Gas*. Surabaya: Teknik Elektro FTI ITS, 2015.
- [9] M. Integrated, “MAX6675-Cold Junction Compensated K-Thermocouple to Digital Converter.” www.maximintegrated.com, 2014.
- [10] Syahrul, *Karakteristik dan Pengontrolan Motor Servo*. Bandung: Jurusan Teknik Komputer, Universitas Komputer Indonesia, 2006.
- [11] M. Banzi, “Getting Started with Arduino,” *OReilly Media Inc*, 2011.
- [12] A. Yahya, *Merawat & Memperbaiki Kompor Gas*. Niaga Swadaya.
- [13] D. Wilcher, *Learn Electronics with Arduino*. Apress, 2012.
- [14] Smith Rd., “Water MSDS.” Sciencelab.com, Inc, 21-May-2013.
- [15] M. Al-Nuri, “Air,” *Univ. Sumat. Utara*, 2010.
- [16] K. Jack, “.....Dalam Sebuah Kisah Inspirasi SukriMarni: Tugas makalah Pengolahan dan pemanfaatan minyak kelapa murni,”*Dalam Sebuah Kisah Inspirasi SukriMarni*. .
- [17] M. Al-Nuri, “Minyak Goreng,” *Univ. Sumat. Utara*, 2010.

- 
- [18] Smith Rd., "MSDS Palm Oil." Sciencelab.com, Inc, 21-May-2013.
- [19] Brian R Copeland, "The Design of PID Controller Using Ziegler Nichols Tuning," Mar. 2008.
- [20] "Cara Memasak Buncis Segar," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Buncis-Segar>. [Accessed: 30-Jun-2015].
- [21] "Cara Memasak Kembang Kol Segar," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Kembang-Kol-Segar>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [22] "Cara Memasak Brokoli," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Brokoli>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [23] "Cara Merebus Brokoli," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Merebus-Brokoli>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [24] "Cara Membuat Sup Sayuran," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Membuat-Sup-Sayuran>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [25] "Cara Membuat Sup Tomat," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Membuat-Sup-Tomat>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [26] godam64, "Isi Kandungan Gizi Buncis - Komposisi Nutrisi Bahan Makanan - ILMU PENGETAHUAN."

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan dari Bab I sampai Bab IV penulis mencoba menarik kesimpulan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Resep yang ada pada alat mempunyai pengaturan parameter masing-masing, diantaranya untuk memasak telur dibutuhkan 3 kali pengaturan waktu, yakni ketika memanaskan minyak atau margarin (60 detik), ketika memasukkan telur (120 detik), dan ketika membalik telur (90 detik). Ketiga pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar 130° C. Untuk memasak scallop dibutuhkan 4 kali pengaturan waktu, yakni ketika memanaskan minyak atau margarin (60 detik), ketika memasukkan scallop (270 detik), ketika membalik scallop (180 detik), dan ketika membalik scallop lagi (30 detik). Keempat pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar 130° C. Untuk membuat roti bakar dibutuhkan 2 kali pengaturan waktu, yakni ketika memasukkan roti (120 detik), dan ketika membalik roti (120 detik). Kedua pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar 130° C. Untuk memasak sayur sop dibutuhkan 5 kali pengaturan waktu, yakni ketika mendidihkan air (3 menit), memasukkan wortel dan kentang (4 menit), memasukkan bahan tersisa (3 menit), memasukkan bumbu (30 detik), dan mengaduk sayuran sampai matang (4 menit).
2. Bagi orang awam yang baru mencoba sistem kompor ini harus dijelaskan terlebih dahulu fungsi dari program dan fungsi dari tiap tombol yang akan dioperasikan.

Secara umum sistem sudah dapat memandu pemasak melalui tampilan LCD dan fungsi *timer* pada setiap resep masakan, sehingga orang yang memasak tidak perlu khawatir lagi apakah masakannya sudah matang atau belum, selama pemasak mengikuti langkah-langkah yang ada maka masakan akan sesuai dengan yang diharapkan.

LAMPIRAN

Source code pada mikrokontroler Arduino Uno

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <max6675.h>
#include <Wire.h>
#include <Servo.h>

//-----prosedur buat reset millis-----
//
extern volatile unsigned long timer0_millis;
unsigned long new_value = 0;

LiquidCrystal lcd(12, 11, 7, 6, 5, 4);
//RS(4), E(6), D4(7), D5(6), D6(5), D7(4)
Servo myservo; // create servo object to
control a servo

const int next = 2; //pin pushbutton next
const int back = 3; //pin pushbutton back
//-----inisialisasi
thermocouple_MAX6675-----//
int thermoDO = 8;
int thermoCS = 9;
int thermoCLK = 10;
MAX6675 thermocouple(thermoCLK, thermoCS,
thermoDO);
int vccPin = 1;
int gndPin = 0;
uint8_t degree[8] =
{140,146,146,140,128,128,128,128};

String teks1;
String teks2;
String teks3;
int suhutarget = 0;
int pause;
int k = 0;
```

```

int m = 0;
int n = 0;
float error_0 = 0;
float error;
float error_t;
float Iout;
float Pout;
float pi;
float pos;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  myservo.attach(13); //pin data servo di
  Arduino
  myservo.write(40);
  lcd.begin(20,4); //lcd display 20x4
  lcd.createChar(0, degree);
  lcd.clear();
  pinMode(next, INPUT);
  pinMode(back, INPUT);
  pinMode(vccPin, OUTPUT);
  digitalWrite(vccPin, HIGH);
  pinMode(gndPin, OUTPUT);
  digitalWrite(gndPin, LOW);
  pinMode(A0, OUTPUT); //led indicator
  pinMode(A1, OUTPUT); //buzzer
  pinMode(A2, INPUT); //flame sensor
}

void loop()
{
  switch (n)
  {
    case 0 :
      menu(k);
      break;
    case 1 :
      telur(k);
  }
}

```

```

break;
case 2 :
    scallop(k);
break;
case 3 :
    roti(k);
break;
case 4 :
    sop(k);
break;
case 5 :
    manual(k);
break;
}
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(teks1);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(teks2);
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print(teks3);
nyala();

//-----membuat fungsi tombol next sbg
starting timer dan nextbutton-----//
if (pause == 0) //pause=0; fungsi next sbg
start timer 1 menit
{
    for (int j=0;j<30;j++)
    {
        rutin();
        for (int l=0;l<90;l++)
        {
            nyala();
            delay(10);
        }
        suhu();
    }
    k++;
}

```

```

}
else //pause=1; fungsi next sbg next button
{
    rutin();
    for (int i=0;i<100;i++)
    {
        if (digitalRead(2)==HIGH) //tombol next
ditekan
        {
            while (digitalRead(2)==HIGH){}
            i=100;
            k++;
            pause=0;
        }
        nyala();
        delay(10);
    }
}
}

```

```

//-----FUNGSI RESET MILLIS-----
//

```

```

void setMillis(unsigned long new_millis)
{
    uint8_t oldSREG = SREG;
    cli();
    timer0_millis = new_millis;
    SREG = oldSREG;
}

```

```

//-----TAMPILAN MENU UTAMA-----
//

```

```

void menu(int menit)
{
    switch (menit)
    {
        case 0 :
            teks1 = "TUGAS AKHIR";
            teks2 = "IMAM FITRIATNO";

```

```

    teks3 = "BISMILLAH 112!";
    pause = 1;
break;
case 1 :
    teks1 = "SELAMAT DATANG";
    teks2 = "SILAHKAN PILIH";
    teks3 = "RESEP MASAKAN";
    pause = 1;
break;
case 2 :
    teks1 = "> 1. Telur";
    teks2 = " 2. Scallop Ikan";
    teks3 = " 3. Roti Bakar";
    m = 3;
    pause = 1;
break;
case 3 :
    teks1 = " 1. Telur";
    teks2 = "> 2. Scallop Ikan";
    teks3 = " 3. Roti Bakar";
    m = 4;
    pause = 1;
break;
case 4 :
    teks1 = " 1. Telur";
    teks2 = " 2. Scallop Ikan";
    teks3 = "> 3. Roti Bakar";
    m = 5;
    pause = 1;
break;
case 5 :
    teks1 = "> 4. Sayur sop";
    teks2 = " 5. Manual";
    teks3 = "";
    m = 6;
    pause = 1;
break;
case 6 :
    teks1 = " 4. Sayur sop";

```

```

    teks2 = "> 5. Manual";
    teks3 = "";
    m = 7;
    pause = 1;
break;
case 7 :
    teks1 = "tunggu...";
    teks2 = "";
    teks3 = "";
    k = 0;
    setMillis(0);
    pause = 1;
break;
}
}

//-----RESEP 1. TELUR-----
-//
void telur(int menit)
{
    switch (menit)
    {
        case 0 :
            teks1 = "Selamat memasak";
            teks2 = "Telur Ceplok";
            teks3 = "Bismillah dulu ya :)";
            pause = 1;
            break;
        case 1 :
            teks1 = "1-Siapkan:";
            teks2 = "minyak/margarin,";
            teks3 = "dan telur";
            pause = 1;
            break;
        case 2 :
            teks1 = "2-Tuang 1 sdm";
            teks2 = "margarin/minyak";
            teks3 = "ke dalam teflon";
            pause = 1;

```

```

break;
case 3 :
    teks1 = "3-Nyalakan kompor";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    pause = 1;
break;
case 4 :
    teks1 = "4-Ratakan margarin";
    teks2 = "";
    teks3 = "tunggu 1 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
break;
case 6 :
    teks1 = "5-Pecahkan telur";
    teks2 = "Tuang ke teflon";
    teks3 = "Tunggu 2 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 11 :
    teks1 = "6-Balik telur";
    teks2 = "";
    teks3 = "Tunggu 1' 30'";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k=k+1;
break;
case 15 :
    teks1 = "7-Bolak-balik";
    teks2 = "telur jika";
    teks3 = "kurang gosong";
    suhutarget = 130;
    pause = 1;
    buzzer();

```

```

    k = k+1;
    break;
    case 17 :
        teks1 = "8-Tiriskan telur";
        teks2 = "Tekan 'OK'";
        teks3 = "Tekan 'NEXT'";
        suhutarget = 0;
        pause = 1;
    break;
    case 18 :
        teks1 = "tunggu...";
        teks2 = "";
        teks3 = "";
        k = 0;
        n = 0;
        setMillis(0);
        pause = 1;
    break;
}
}

//-----RESEP 2. SCALLOP IKAN-----
//-----
void scallop(int menit)
{
    switch (menit)
    {
    case 0 :
        teks1 = "Selamat memasak";
        teks2 = "Scallop Ikan";
        teks3 = "Bismillah dulu ya :)";
        pause = 1;
    break;
    case 1 :
        teks1 = "1-Siapkan +/-200ml";
        teks2 = "minyak goreng, dan";
        teks3 = "2-5 Scallop ikan";
        pause = 1;
    break;

```

```

case 2 :
    teks1 = "2-Tuangkan minyak";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan      'NEXT'";
    pause = 1;
break;
case 3 :
    teks1 = "3-Tunggu minyak";
    teks2 = "panas,";
    teks3 = "Tunggu 1 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
break;
case 5 :
    teks1 = "4-Masukkan scallop";
    teks2 = "ikan";
    teks3 = "Tunggu 4' 30'";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 15 :
    teks1 = "5-Balik scallop";
    teks2 = "";
    teks3 = "Tunggu 3 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 22 :
    teks1 = "6-Balik scallop";
    teks2 = "lagi";
    teks3 = "Tunggu 30 detik";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;

```

```

break;
case 24 :
    teks1 = "7-Bolak-balik";
    teks2 = "scallop jika";
    teks3 = "kurang gosong";
    suhutarget = 130;
    pause = 1;
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 25 :
    teks1 = "Tirisikan scallop";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    suhutarget = 0;
    pause = 1;
break;
case 26 :
    teks1 = "tunggu...";
    teks2 = "";
    teks3 = "";
    k = 0;
    n = 0;
    setMillis(0);
    pause = 1;
break;
}
}

```

//-----RESEP 3. ROTI BAKAR-----
-----//

```

void roti(int menit)
{
    switch (menit)
    {
        case 0 :
            teks1 = "Selamat membakar";
            teks2 = "Roti bakar crispy";
            teks3 = "Bismillah dulu ya :)";

```

```
    pause = 1;
break;
case 1 :
    teks1 = "1-Siapkan 1 potong";
    teks2 = "roti tawar,margarin";
    teks3 = "& susu/mises";
    pause = 1;
break;
case 2 :
    teks1 = "2-Oleskan margarin";
    teks2 = "secara merata pada";
    teks3 = "dua sisi roti";
    pause = 1;
break;
case 3 :
    teks1 = "3-Taburkan mises";
    teks2 = "secara merata";
    teks3 = "pada 1 sisi roti";
    pause = 1;
break;
case 4 :
    teks1 = "4-Lipat roti,";
    teks2 = "mises ada di";
    teks3 = "sisi dalam";
    pause = 1;
break;
case 5 :
    teks1 = "5-Letakkan roti";
    teks2 = "Nyalakan kompor:";
    teks3 = "Tekan 'OK'";
    pause = 1;
break;
case 6 :
    teks1 = "6-Tunggu 2 menit";
    teks2 = "";
    teks3 = "";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    pause = 0;
```

```

break;
case 10 :
    teks1 = "7-Balik roti";
    teks2 = "";
    teks3 = "Tunggu 2 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 15 :
    teks1 = "8-Bolak-balik";
    teks2 = "roti jika";
    teks3 = "kurang gosong";
    suhutarget = 130;
    pause = 1;
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 17 :
    teks1 = "Matikan kompor:";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    suhutarget = 0;
    pause = 1;
break;
case 18 :
    teks1 = "tunggu...";
    teks2 = "";
    teks3 = "";
    k = 0;
    n = 0;
    setMillis(0);
    pause = 1;
break;
}
}

```

```

//-----RESEP 4. SAYUR SOP-----
-----//
void sop(int menit)
{
    switch (menit)
    {
        case 0 :
            teks1 = "Selamat memasak";
            teks2 = "Sayur Sop";
            teks3 = "Bismillah dulu ya :)";
            pause = 1;
            break;
        case 1 :
            teks1 = "#bahan:";
            teks2 = "1 wortel +/- 1 ons,";
            teks3 = "cuci, iris +/- 0.5 cm";
            pause = 1;
            break;
        case 2 :
            teks1 = "#bahan:";
            teks2 = "1 kentang +/- 1 ons";
            teks3 = "cuci, potong kotak2";
            pause = 1;
            break;
        case 3 :
            teks1 = "#bahan:";
            teks2 = "1 kol +/- 1 ons";
            teks3 = "cuci, iris tipis2";
            pause = 1;
            break;
        case 4 :
            teks1 = "#bahan:";
            teks2 = "1 buncis +/- 1 ons";
            teks3 = "cuci, potong +/- 5 cm";
            pause = 1;
            break;
        case 5 :
            teks1 = "#bahan:";
            teks2 = "1 daun bawang";
    }
}

```

```

    teks3 = "cuci, iris tipis2";
    pause = 1;
break;
case 6 :
    teks1 = "#bahan:";
    teks2 = "2 batang daun";
    teks3 = "seledri";
    pause = 1;
break;
case 7 :
    teks1 = "#bahan:";
    teks2 = "Air 300ml";
    teks3 = "atau secukupnya";
    pause = 1;
break;
case 8 :
    teks1 = "#bahan bumbu:";
    teks2 = "1 sdt garam &";
    teks3 = "2 sdm bumbu sop jadi";
    pause = 1;
break;
case 9 :
    teks1 = "JANGAN LUPA SEMUA";
    teks2 = "BAHAN DIPISAHKAN";
    teks3 = "MULAI MEMASAK >";
    pause = 1;
break;
case 10 :
    teks1 = "Tuang +/- 300 ml air";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    pause = 1;
break;
case 11 :
    teks1 = "Biarkan air mendidih";
    teks2 = "Tunggu 3 menit";
    teks3 = "";
    suhutarget = 140;
    setMillis(0);

```

```

break;
case 17 :
    teks1 = "Masukkan wortel";
    teks2 = "buncis, dan kentang";
    teks3 = "Tunggu 10 menit";
    suhutarget = 140;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 38 :
    teks1 = "Masukkan bahan";
    teks2 = "yang tersisa";
    teks3 = "";
    suhutarget = 120;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 40 :
    teks1 = "Masukkan bumbu,";
    teks2 = "garam. Aduk rata!";
    teks3 = "Tunggu 3 menit";
    suhutarget = 120;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 47 :
    teks1 = "Sop siap dihidangkan";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    suhutarget = 0;
    buzzer();
    k = k+1;
    pause = 1;
break;
case 49 :
    teks1 = "tunggu...";

```

```

    teks2 = "";
    teks3 = "";
    k = 0;
    n = 0;
    setMillis(0);
    pause = 1;
    break;
}
}

//-----RESEP 5. Manual-----
--//
void manual(int menit)
{
    switch (menit)
    {
        case 0 :
            teks1 = "Nyalakan kompor:";
            teks2 = "Tekan 'OK'";
            teks3 = "Tekan 'NEXT'";
            pause = 1;
            break;
        case 1 :
            teks1 = "-->> API KECIL <<--";
            teks2 = "Tekan 'NEXT'";
            teks3 = "untuk api besar";
            pause = 1;
            myservo.write(85);
            break;
        case 2 :
            teks1 = "-->> API BESAR <<--";
            teks2 = "Tekan 'NEXT'";
            teks3 = "untuk api kecil";
            pause = 1;
            myservo.write(98);
            break;
        case 3 :
            teks1 = "tunggu";
            teks2 = "";

```

```

    teks3 = "";
    k = 1;
    pause = 1;
break;
}
}

void suhu() //KONTROL PI
{
    float baca = thermocouple.readCelsius();
    //Kontrol Integratif
    error_0 = error;
    error = suhtarget-baca;
    error_t = error + error_0;
    Iout = 0.0425*error_t; //Ki = 0.0425
    //Kontrol Proporsional
    Pout = error*2.55; //Kp = 2.55
    //Kontrol PI
    pi = Iout + Pout;
    pos = 84 + pi; //84 = posisi minimal servo
    if (pos > 95)
    {pos = 95;}
    else if (pos < 84)
    {pos = 84;}
    myservo.write(pos);
}

void nyala()
{
    if (digitalRead(3) == HIGH) //tombol back
    ditekan
    {
        while (digitalRead(3)==HIGH){}
        if (m == 1)
        {
            myservo.write(175); //real pos ignition
155
            delay(1000);
            myservo.write(84); //nyala api terkecil

```

```
digitalWrite(A1, HIGH);  
delay(500);  
}  
else if (m == 2)  
{  
myservo.write(40);  
digitalWrite(A1, HIGH);  
delay(500);  
m = 0;  
}  
else if (m==3)  
{  
buzzer();  
k=0;  
n=1;  
m=0;  
}  
else if (m==4)  
{  
buzzer();  
k=0;  
n=2;  
m=0;  
}  
else if (m==5)  
{  
buzzer();  
k=0;  
n=3;  
m=0;  
}  
else if (m==6)  
{  
buzzer();  
k=0;  
n=4;  
m=0;  
}  
else if (m==7)
```

```

    {
        buzzer();
        k=0;
        n=5;
        m=0;
    }
    m = m+1;
}
else
{
    digitalWrite(A1, LOW);
}
}

void buzzer()
{
    digitalWrite(A1, HIGH); //buzzer
    delay(500);
    digitalWrite(A1, LOW);
}

void rutin()
{
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("                "); //blank
    space
    if (pause == 0)
    {
        lcd.setCursor(0,3);
        lcd.print((millis()/1000)/60); //minute
        lcd.setCursor(2,3);
        lcd.print(" ");
        lcd.setCursor(3,3);
        lcd.print((millis()/1000)%60); //second
        lcd.setCursor(5,3);
        lcd.print(" ");
    }
    lcd.setCursor(12,3);
    lcd.print(thermocouple.readCelsius());
}

```

```
Serial.println(thermocouple.readCelsius());  
#if ARDUINO >= 100  
  lcd.write((byte)0);  
#else  
  lcd.print(0, BYTE);  
#endif  
  lcd.print("C");  
}
```

SYSTEM DEVELOPMENT FOR STOVE WITH PROGRAMMABLE TEMPERATURE CONTROL BASED ON MICROCONTROLLER AS A COOKING GUIDE

Imam Fitriatno
2211100132

Supervisor I : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Supervisor II : Ir. Tasripan, MT.

Abstract:

Cooking is not as hard as it may look, as long as one knows the ingredients and how to prepare them. From the most fundamental process, such as boiling water, which only requires water to be heated until it boils, to more complex dishes such as vegetable soup, stews, stir-fry, et cetera. However, it is interesting that different people using the same ingredients can produce various results. Apparently the aforementioned problem is common in beginner cooks or those trying new recipes. The cause of such problem are that the beginners can't estimate the size of flame.

Therefore, this final project is an effort to resolve that issue. The existing stove system is redesigned with fixed temperature so that it's easier for the user to know their cooking temperature through the thermocouple. Temperature will be a reference for Arduino microcontroller in adjusting the flame through the servo motor, LCD display shows the step-by-step recipe, and a push-button will navigate user in choosing recipes. One of the recipes available in the system is a vegetable soup recipe. It takes 5 times of temperature and time adjustment, which is when the carrots, potatoes, and beans were poured, putting in the remaining ingredients, seasoning, and stirring the vegetables which overall takes approximately 15 minutes. In addition the temperature was adjusted between 120, 130 and 140 Celcius. The programmable temperature and menu of this stove had minimized the difficulties experienced so that cooking can be easier and efficient for all.

Keyword: *Microcontroller, stove, temperature sensor.*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbilalamin, segala puji syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat, berkah, dan hidayah-Nya yang tak terhitung kepada penulis, hingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

RANCANG BANGUN SISTEM KOMPOR DENGAN KONTROL SUHU TEPROGRAM BERBASIS MIKROKONTROLLER SEBAGAI PANDUAN MEMASAK

Tujuan utama tugas akhir ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan pada Bidang Studi Elektronika Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Atas selesainya penyusunan tugas akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Muhammad Rivai, ST., MT. dan Bapak Ir. Tasripan, MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberi bimbingan, kejelasan, nasehat, dan kemudahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT. selaku Ketua Jurusan dan dosen penulis.
3. Ibu dan Bapak yang telah memberi dukungan moril, nasehat, semangat, doa, dan materil. Jasamu tak kan terbayar dengan apapun, semoga anakmu ini bisa membalasnya suatu hari nanti.
4. Adikku Pipit yang juga menjadi motivasi utama dalam mengerjakan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Keluarga asisten Laboratorium Elektronika yang ikut membantu dan menemani dalam segala hal.
6. Teman-teman laboratorium B.402 yang telah ikut memberi semangat, canda tawa, dan saling berbagi ilmu.
7. Teman-teman satu angkatan 2011 reguler Elektro yang menjadi motivasi tersendiri dan teman berbagi cerita dalam suka maupun duka, dan terimakasih banyak atas semangat dan bantuannya dalam masak-memasak.
8. Keluarga kecil ITS EXPO 2014 dan keluarga besar ITS EXPO terima kasih banyak atas dukungan, doa, dan semangat yang telah diberikan selama ini.



9. Serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap para pembaca Tugas Akhir ini bersedia memberikan kritik, saran, dan masukan agar selanjutnya menambah manfaat Tugas Akhir. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan bisa dijadikan referensi bagi Tugas Akhir selanjutnya.

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Relevansi	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Termokopel	5
2.1.1 Prinsip Kerja Termokopel	5
2.1.2 Bagian-Bagian Termokopel	7
2.1.3 Hubungan Tegangan dan Suhu	7
2.1.4 Jenis-Jenis Termokopel	7
2.1.5 Penggunaan Termokopel	9
2.1.6 Kelebihan dan Kelemahan Termokopel	10
2.2 Modul MAX6675	10
2.2.1 Konfigurasi MAX6675	14
2.2.2 Karakteristik MAX6675	15
2.3 Arduino Uno R3	17
2.4 Servo	19
2.4.1 Servo Towerpro MG996R	21
2.5 LCD Display	22
2.6 Kompor Portabel Winn Gass	23
2.7 Pemantik Kompor	24
2.8 Titik Didih Zat Cair	26

2.8.1	Air	27
2.8.2	Minyak Goreng	27
2.9	Sayuran yang Membutuhkan Pengaturan Khusus	28
2.9.1	Wortel	28
2.9.2	Kentang	29
2.9.3	Buncis	30
2.9.4	Kembang Kol	31
2.9.5	Tomat	32
2.9.6	Brokoli	33
2.10	Kontrol Proporsional Integral	34
2.10.1	Teorema Kontrol Proporsional	34
2.10.2	Teorema Kontrol Integral	35
2.10.3	Teorema Kontrol Proporsional Integral	36
2.10.4	Metode Tuning Kontrol Proporsional Integral	37
BAB III PERANCANGAN SISTEM		39
3.1	Diagram Blok Sistem	39
3.2	Perancangan Perangkat Keras	40
3.3	Perancangan Elektrik Kompor	45
3.3.1	Rangkaian Mikrokontroler Arduino	47
3.3.2	Rangkaian Arduino Shield	47
3.4	Perancangan Sistem Keamanan Kompor	48
3.5	Perencanaan Software pada Sistem	50
3.5.1	Proses Pembacaan Termokopel	51
3.5.2	Proses Scanning Pushbutton	52
3.5.3	Sistem Kontrol Proporsional Integral	53
BAB IV PENGUKURAN DAN ANALISIS SISTEM		55
4.1	Pengujian Perangkat Keras	55
4.1.1	Pengujian Sensor Termokopel	55
4.1.2	Pengujian PCB Board	57
4.1.3	Pengujian Motor Servo	58
4.1.4	Pengujian Nyala Kompor	59
4.1.5	Pengujian Mekanik Pemantik Kompor	60
4.1.6	Pengujian Kontrol Sistem	61
4.2	Pengujian Sistem Keamanan Kompor	65
4.3	Pengujian Memasak	66
4.3.1	Pengujian Memasak Telur	66
4.3.2	Pengujian Memasak Scallop Ikan	73
4.3.3	Pengujian Memasak Roti Bakar	77

4.3.4 Pengujian Memasak Sayur Sop	82
4.4 Evaluasi Sistem	85
BAB V PENUTUP	87
5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN	91
BIODATA PENULIS	111

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel referensi termokopel tipe K.....	11
Tabel 2. 2 Tabel perbandingan metode	12
Tabel 2. 3 Tabel keterangan pin MAX6675.....	14
Tabel 2. 4 Tabel keterangan pin MAX6675 (lanjutan)	15
Tabel 2. 5 Spesifikasi Arduino Uno	18
Tabel 2. 6 Spesifikasi Arduino Uno (lanjutan)	19
Tabel 2. 7 Tabel tuning PID metode Ziegler-Nichols	37
Tabel 4. 1 Tabel pengujian nyala kompor memakai pemantik tumbuk.....	60
Tabel 4. 2 Tabel uji nyala kompor memakai pemantik listrik.....	61
Tabel 4. 3 Tabel pengujian telur	67
Tabel 4. 4 Tabel pengujian scallop ikan.....	74
Tabel 4. 5 Tabel pengujian roti bakar	77
Tabel 4. 6 Tabel pengujian sayur sop.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Diagram blok perangkat keras.....	3
Gambar 2. 1	Prinsip kerja termokopel 1	6
Gambar 2. 2	Prinsip kerja termokopel 2	6
Gambar 2. 3	Tampilan termokopel tipe K.....	9
Gambar 2. 4	Konfigurasi pin MAX6675	10
Gambar 2. 5	Modul MAX6675	13
Gambar 2. 6	Pin konfigurasi MAX6675	14
Gambar 2. 7	Aplikasi rangkaian MAX6675	15
Gambar 2. 8	Karakteristik MAX6675 1	16
Gambar 2. 9	Rangkaian MAX6675.....	17
Gambar 2. 10	Arduino Uno R3	18
Gambar 2. 11	Motor servo	19
Gambar 2. 12	Metode pembangkitan motor servo 1	20
Gambar 2. 13	Metode pembangkitan motor servo	21
Gambar 2. 14	Servo Towerpro MG996R.....	22
Gambar 2. 15	LCD <i>display</i> 20x4	22
Gambar 2. 16	Kompur portable Winn gas	23
Gambar 2. 17	Tabung kaleng Winn gas	24
Gambar 2. 18	Pemantik tumbuk.....	25
Gambar 2. 19	Pemantik listrik kompor Winn gas	25
Gambar 2. 20	Pemantik api tumbuk eksternal	25
Gambar 2. 21	Pemantik api listrik eksternal	26
Gambar 2. 22	Rangkaian pemantik api listrik	26
Gambar 2. 23	Diagram blok kontroler proporsional	35
Gambar 2. 24	Diagram blok kontroler integral	36
Gambar 2. 25	Diagram blok kontroler proporsional integral	36
Gambar 2. 26	Metode Tuning Ziegler-Nichols	37
Gambar 2. 27	Reaksi sistem open loop ketika diberi input step....	37
Gambar 3. 1	Diagram blok sistem.....	39
Gambar 3. 2	Penempatan termokopel pada panci teflon.....	41
Gambar 3. 3	Instalasi servo pada katup kompor	41
Gambar 3. 4	Instalasi pemantik kompor	42
Gambar 3. 5	Rangkaian <i>limit switch</i> terbuka	43
Gambar 3. 6	Rangkaian <i>limit switch</i> tertutup	43
Gambar 3. 7	Instalasi <i>burner</i> pada tungku kompor.....	43
Gambar 3. 8	Kotak rangkaian pemantik listrik	44
Gambar 3. 9	PCB pemantik dan baterai	45

Gambar 3. 10	Desain pemantik modifikasi	45
Gambar 3. 11	Rangkaian catu daya 5 VDC	46
Gambar 3. 12	Rangkaian Mikrokontroler Arduino	47
Gambar 3. 13	Rangkaian Arduino Shield	48
Gambar 3. 14	Tampilan <i>PCB</i> rangkaian elektronik	48
Gambar 3. 15	Pengunci gas tabung	49
Gambar 3. 16	Rangkaian pengaman sistem	50
Gambar 3. 17	Tampilan <i>software</i> Arduino	51
Gambar 3. 18	<i>Flowchart</i> pembacaan suhu	52
Gambar 3. 19	<i>Flowchart scanning pushbutton</i>	53
Gambar 3. 20	<i>Flowchart</i> kontrol proporsional	54
Gambar 3. 21	Kontrol Proporsional Integral pada pada plant	54
Gambar 4. 1	Termometer digital merek "apuhua 1300"	55
Gambar 4. 2	Metode kalibrasi suhu	56
Gambar 4. 3	Kalibrasi suhu termometer dengan termokopel	56
Gambar 4. 4	Tampilan utama <i>PCB board</i>	57
Gambar 4. 5	Uji nyala kompor memakai pemantik listrik	61
Gambar 4. 6	Grafik pengujian kontrol proporsional	62
Gambar 4. 7	Metode <i>Ziegler-Nichols</i>	62
Gambar 4. 8	Pengujian kontrol proporsional metode Ziegler- Nichols	64
Gambar 4. 9	Pengujian kontrol proporsional metode <i>Ziegler- Nichols</i>	65
Gambar 4. 10	Grafik pengujian 1 memasak telur	67
Gambar 4. 11	Hasil pengujian 1 memasak telur	68
Gambar 4. 12	Grafik pengujian 2 masak telur	68
Gambar 4. 13	Hasil pengujian 2 memasak telur	69
Gambar 4. 14	Grafik pengujian 3 masak telur	69
Gambar 4. 15	Hasil pengujian 3 memasak telur	70
Gambar 4. 16	Grafik pengujian 4 memasak telur	70
Gambar 4. 17	Hasil pengujian 4 memasak telur	71
Gambar 4. 18	Grafik pengujian 5 masak telur	71
Gambar 4. 19	Hasil pengujian 5 memasak telur	72
Gambar 4. 20	Grafik pengujian 5 memasak telur	72
Gambar 4. 21	Hasil pengujian 6 memasak telur	73
Gambar 4. 22	Grafik pengujian 1 scallop ikan	74
Gambar 4. 23	hasil pengujian 1 scallop ikan	75
Gambar 4. 24	Grafik pengujian 2 scallop ikan	75
Gambar 4. 25	Hasil pengujian 2 scallop ikan	76

Gambar 4. 26	Grafik pengujian 3 scallop ikan.....	76
Gambar 4. 27	Hasil pengujian 3 scallop ikan.....	77
Gambar 4. 28	Grafik pengujian 1 roti bakar.....	78
Gambar 4. 29	Hasil pengujian 1 roti bakar.....	79
Gambar 4. 30	Grafik pengujian 2 roti bakar.....	79
Gambar 4. 31	Hasil pengujian 2 roti bakar.....	80
Gambar 4. 32	Grafik pengujian 3 roti bakar.....	80
Gambar 4. 33	Hasil pengujian 3 roti bakar.....	81
Gambar 4. 34	Grafik pengujian 4 roti bakar.....	81
Gambar 4. 35	Hasil pengujian 4 roti bakar.....	82
Gambar 4. 36	Grafik Pengujian 1 Sayur Sop.....	83
Gambar 4. 37	Hasil Pengujian 1 Sayur Sop.....	83
Gambar 4. 38	Grafik pengujian 2 sayur sop.....	84
Gambar 4. 39	Hasil pengujian 2 sayur sop.....	84

BIODATA PENULIS



Imam Fitriatno, lahir di Pati 12 April 1992. Penulis memulai jenjang pendidikan di TK Masyitoh, kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah dasar di SDN 01 Cebolok Kidul, setelah lulus SD tahun 2004 penulis melanjutkan ke MTS Raudlatul Ulum Guyangan, lulus SMP pada tahun 2008, penulis kemudian melanjutkan ke MA Raudlatul Ulum Guyangan. Pada tahun 2011 penulis melanjutkan studi jenjang S1 program reguler di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya jurusan

Teknik Elektro bidang studi Teknik Elektronika. Penulis bisa dihubungi melalui alamat email: fitriatno11@mhs.ee.its.ac.id.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beberapa kesalahan yang sering terjadi pada orang yang belajar memasak diantaranya adalah tidak membaca resep, membaca resep di awal memasak sangat penting agar pemasak tidak salah langkah dan mendapatkan hasil masakan yang diinginkan. Kesalahan yang kedua adalah tidak memanaskan panggangan atau panci, banyak pemula yang melewatkan langkah ini, langkah ini sangat penting untuk mendapatkan masakan dengan tingkat kematangan yang pas, dilain itu ketika memanaskan panci harus dengan sedikit minyak atau margarin agar tidak lengket, memanaskannya pun tidak boleh terlalu lama. Kesalahan yang ketiga adalah pemasak terus mengaduk masakan, pemula biasanya sangat gemar mengaduk-aduk masakan, bahkan berulang kali membolak-balik makanan yang sedang digoreng, padahal merupakan tindakan yang tidak perlu dan untuk menjaga terktur masakan diperlukan mengaduk masakan secukupnya saja. Kesalahan yang keempat adalah tidak mencicipi hasil masakannya, tentu saja pemasak tidak akan tahu apakah masakannya berhasil atau tidak apabila dia tidak mencicipi masakannya. Kesalahan lain yang biasanya dilakukan pemula adalah salah memilih peralatan memasak, memakai sayuran yang tidak segar, tidak menambahkan garam, mencampurkan segala komposisi dalam sekali langkah, pengaturan besar nyala api yang terlalu besar atau terlalu kecil, dan masih banyak lagi beberapa kesalahan pemula yang membuat masakannya tidak sesuai dengan yang diinginkan. Tentu saja hal tersebut sangat merepotkan bagi mereka yang masih pemula.

Maka dari itu dibutuhkan alat bantu yang bisa memandu pemula maupun profesional agar mereka tidak perlu bingung lagi dengan ukuran api kompor, khawatir masakan gosong, dan lupa resepnya. Kompor dengan fitur sensor termokopel, suhu dapat diketahui secara *real time* melalui mikrokontroler Arduino, dan juga dapat mengatur nyala api secara otomatis melalui pergerakan servo. Adanya fitur LCD *display* membuat pemasak dapat melihat suhu panci, waktu memasak, dan resep-resep makanan yang sudah disediakan.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana mengambil data suhu panci?
2. Bagaimana mengatur besar api dengan servo?
3. Bagaimana sistem kendali pada mikrokontroler Arduino?
4. Bagaimana fungsi dari *LCD display*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah kompor yang dapat mengontrol suhu panci secara otomatis, memandu pemasak dalam memasak melalui *LCD display*, dan *buzzer* sebagai alarm peringatan bagi pemasak. Sistem kompor dapat diwujudkan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai sistem kontrolnya, sensor suhu menggunakan termokopel, servo sebagai pengatur nyala api, dan *LCD display* sebagai tampilan suhu, *database* resep dan pemandu pengguna. Manfaat dari tugas akhir ini adalah memandu pemasak agar dapat memasak makanan dengan nyaman dan mendapatkan hasil sesuai dengan yang diharapkan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno R3.
2. Sensor suhu yang digunakan adalah termokopel baut tipe K.
3. Pergerakan katup kompor menggunakan servo MG996R.
4. Tampilan display menggunakan *LCD display* 20x4.

1.5 Metodologi Penelitian

Dalam penyelesaian tugas akhir ini digunakan metodologi sebagai berikut:

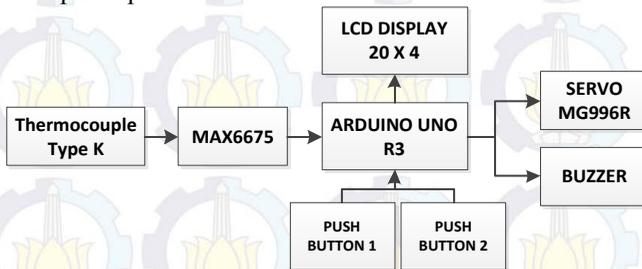
1. Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dasar teori yang menunjang dalam penulisan tugas akhir. Dasar teori ini dapat diambil dari buku-buku, jurnal, *proceeding*, dan artikel-artikel di internet.

2. Perancangan sistem

Setelah mempelajari literatur yang ada, selanjutnya akan dilakukan perancangan sistem. Perancangan sistem terbagi sebagai berikut:

- a. Perancangan Perangkat Keras
Dirancang sebuah perangkat keras berupa kompor gas portable dimana Arduino Uno sebagai controller utama yang terhubung dengan termokopel yang ditempelkan pada panci, *servo* yang terpasang pada katup kompor, *LCD display*, *buzzer*, dan led indicator yang terhubung satu *pcb* dengan shield Arduino Uno R3. *Servo* diletakkan sedemikian rupa sehingga derajat kerja *servo* dapat mengakses semua derajat katup kompor.



Gambar 1. 1 Diagram blok perangkat keras

- b. Perancangan Elektrik Kompor
Pada perancangan elektrik kompor meliputi perancangan rangkaian termokopel, rangkaian mikrokontroler Arduino, rangkaian Arduino *shield*. Setelah masing-masing komponen berfungsi kemudian rangkaian dihubungkan menjadi satu dimana Arduino sebagai pusatnya.
- c. Perancangan Sistem Keamanan Kompor
Sistem keamanan dibuat agar alat lebih aman digunakan baik bagi pembuat alat maupun orang lain yang akan menggunakan alat.
- d. Perencanaan *Software* pada Sistem
Perencanaan *software* dibuat dengan membuat *flowchart* masing-masing fungsi program, kemudian mengujinya satu persatu.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari Lima Bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab 1 : PENDAHULUAN

Bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.

Bab 2 : DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan tentang dasar-dasar teori yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini, yang meliputi teori dasar sensor suhu termokopel, kontrol servo, kontrol proporsional integral, dan pemantik listrik kompor gas, dan *LCD display* 20x4.

Bab 3: PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menjelaskan tentang perencanaan perangkat lunak, perangkat keras, sistem mekanik, sistem elektrik, dan cara kerja sistem melalui tampilan *LCD display*. Bab ini juga berisi menjelaskan tentang prosedur pengujian yang dilakukan dalam penelitian.

Bab 4 : PENGUKURAN DAN ANALISIS SISTEM

Bab ini menjelaskan tentang hasil yang didapat dari pengujian tiap blok sistem secara keseluruhan dan pembahasan hasil pengujian.

Bab 5 : PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan meliputi kekurangan-kekurangan pada kerja alat dari hasil analisa serta saran untuk pengembangan ke depan.

1.7 Relevansi

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat digunakan sebagai alat panduan orang yang belajar memasak.
2. Memudahkan orang dalam memasak, karena tidak perlu lagi mengontrol besar nyala api sehingga bisa fokus pada langkah-langkah resep.

Sebagai dasar penelitian lebih lanjut, agar dapat lebih dikembangkan.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Termokopel

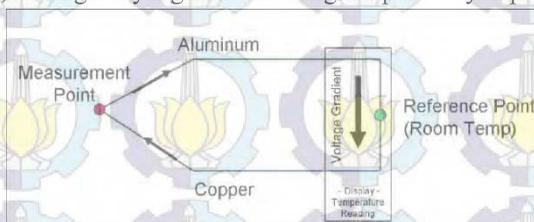
Termokopel adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu menjadi perubahan tegangan listrik (voltase). Termokopel yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1°C .

2.1.1 Prinsip Kerja Termokopel

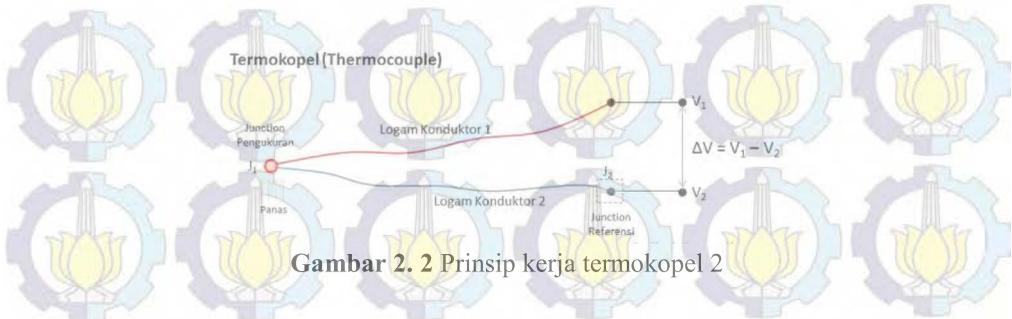
Pada tahun 1821, seorang fisikawan Estonia, Thomas Johann Seebeck menemukan bahwa sebuah konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik, gejala ini disebut termoelektrik atau efek *Seebeck*. Termokopel merupakan suatu rangkaian yang tersusun dari dua buah logam yang masing-masing mempunyai koefisien muai panjang berbeda yang dihubungkan satu dengan yang lain pada ujung-ujungnya. Jika pada kedua titik hubung kedua logam ada perbedaan temperatur maka timbullah beda potensial yang memungkinkan adanya arus listrik di dalamnya. Konduktor akan mengalami gradiasi suhu, dan mengalami perubahan tegangan secara berkebalikan dengan perbedaan temperatur obyek. Perbedaan tegangan berkisar antara 1 sampai dengan 70 mikrovolt tiap derajat celsius.

Untuk membuat temperatur obyek dapat terukur, salah satu dari 2 konduktor dijaga suhunya dan digunakan sebagai temperatur referensi, biasanya temperatur disamakan dengan suhu ruangan, sedangkan ujung yang lain dihubungkan dengan obyek pengukuran. Untuk memahami bagaimana sebuah sambungan logam pada termokopel dapat menimbulkan tegangan listrik dapat ditinjau dari sisi pergerakan atom-atom logam yang digunakan pada termokopel. Suatu logam apabila dipanaskan maka akan mengalami pemuaian, baik memuai panjang maupun memuai lebar (volume). Pemuaian ini

diakibatkan oleh pergerakan atom-atom atau elektron dari suhu tinggi menuju suhu yang lebih rendah, pergerakan ini banyak sedikitnya atau cepat lambatnya tergantung pada bahan logam itu sendiri, artinya logam satu dengan satu dengan logam lainnya memiliki kecepatan muai yang berbeda-beda. Hal ini dapat diamati pada bimetal (dua keping logam yang disambungkan) ketika bimetal dipanaskan maka yang tadinya lurus akan membengkok ke arah logam yang pemuaiannya lebih lambat. Jadi, pada logam termokopel yang berbeda jenis akan memiliki kecepatan alir elektron yang berbeda pula. Hal inilah yang kemudian menyebabkan perbedaan potential di ujung-ujung logam tersebut, dimana telah dihubungkan ke alat arus listrik sehingga timbul tegangan listrik di ujung-ujung logam tersebut. Termokopel banyak digunakan sebagai alat ukur suhu di dunia industri, salah satu keuntungannya yaitu mampu mengukur suhu yang sangat tinggi dan juga suhu rendah. Termokopel merupakan sebuah alat yang biasa digunakan untuk mengukur suhu yang pada umumnya sebagai termometer digital, karena termokopel memiliki output berupa arus listrik sehingga pengkonversianya dapat secara digital. Pada banyak aplikasi salah satu sambungan-sambungan yang dingin dijaga sebagai temperatur referensi, sedangkan yang lain dihubungkan pada obyek pengukuran.

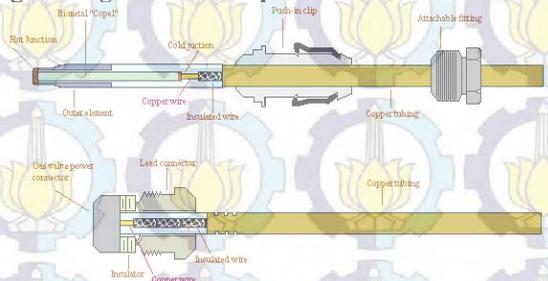


Gambar 2. 1 Prinsip kerja termokopel 1



Gambar 2. 2 Prinsip kerja termokopel 2

2.1.2 Bagian-Bagian Termokopel



Gambar 2.3 Bagian-bagian termokopel

Adapun bagian-bagian utama termokopel terdiri dari *jack* yang menghubungkan antara termokopel dengan kabel termokopel dan *stick* yang terdiri dari dua buah logam sebagai variabel pendeteksi suhu.

2.1.3 Hubungan Tegangan dan Suhu

Hubungan antara perbedaan suhu dengan tegangan yang dihasilkan termokopel bukan merupakan fungsi linier melainkan fungsi interpolasi polinomial. Secara matematis perubahan tegangan dapat ditunjukkan dengan rumus:

$$V = \alpha (T1 - Tref) \quad (2. 1)$$

Keterangan:

V = Tegangan terukur

α = Koefisien *seebeck*

T1 = Suhu terukur

Tref = Suhu referensi

Dimana koefisien *seebeck* didapatkan berdasarkan tipe dari termokopel.

2.1.4 Jenis-Jenis Termokopel

Termokopel tersedia dalam berbagai ragam rentang suhu dan jenis bahan. Pada dasarnya, gabungan jenis-jenis logam konduktor

yang berbeda akan menghasilkan rentang suhu operasional yang berbeda pula. Berikut ini adalah jenis-jenis atau tipe termokopel yang umum digunakan berdasarkan Standar Internasional:

1. Tipe K (*Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy)*)
Bahan logam konduktor positif adalah *Nickel-Chromium*, sedangkan bahan logam konduktor negatif adalah *Nickel-Aluminium*. Termokopel tipe K paling sering digunakan karena lebih murah, tersedia untuk rentang suhu $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. Tipe E (*Chromel / Constantan (Cu-Ni alloy)*)
Bahan logam konduktor positif adalah *Nickel-Chromium*, sedangkan bahan logam konduktor negatif *Constantan*. Tipe E memiliki output yang besar ($68\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) membuatnya cocok digunakan pada temperatur rendah. Properti lainnya tipe E adalah tipe non magnetik. Tersedia untuk rentang suhu $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+900\text{ }^{\circ}\text{C}$.
3. Tipe J (*Iron / Constantan*)
Bahan logam konduktor positif besi, sedangkan bahan logam konduktor negatif *Constantan*. Rentangnya terbatas ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+750\text{ }^{\circ}\text{C}$) membuatnya jarang dipakai dibandingkan tipe K. Tipe J memiliki sensitivitas sekitar $\sim 52\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.
4. Tipe N (*Nicrosil (Ni-Cr-Si alloy) / Nisil (Ni-Si alloy)*)
Bahan logam konduktor positif *Nicrosil*, sedangkan bahan logam konduktor negatif *Nisil*. Termokopel tipe N memiliki sifat yang stabil dan tahan yang tinggi terhadap oksidasi membuat tipe N cocok untuk pengukuran suhu yang tinggi tanpa platinum. Tersedia untuk rentang suhu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+1250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sensitivitasnya sekitar $39\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ pada $900\text{ }^{\circ}\text{C}$, sedikit di bawah tipe K. Tipe N merupakan perbaikan tipe K.
5. Tipe B (*Platinum-Rhodium / Pt-Rh*)
Termokopel tipe B, R, dan S adalah termokopel logam mulia yang memiliki karakteristik yang hampir sama. Mereka adalah termokopel yang paling stabil, tetapi karena sensitivitasnya rendah (sekitar $10\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) mereka biasanya hanya digunakan untuk mengukur temperatur tinggi ($>300\text{ }^{\circ}\text{C}$).
Termokopel tipe B cocok digunakan untuk mengukur suhu di atas $1800\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tipe B memberi output yang sama pada suhu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ sehingga tidak dapat dipakai di bawah suhu $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.
6. Tipe R (*Platinum / Platinum dengan 7% Rhodium*)

Termokopel tipe R cocok digunakan untuk mengukur suhu di atas 1600 °C. sensitivitas rendah ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum.

7. Tipe S (*Platinum / Platinum* dengan 10% *Rhodium*)

Termokopel tipe S cocok digunakan untuk mengukur suhu di atas 1600 °C. sensitivitas rendah ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum. Karena stabilitasnya yang tinggi Tipe S digunakan untuk standar pengukuran titik leleh emas (1064.43 °C).

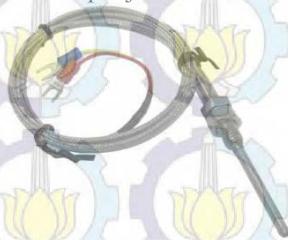
8. Tipe T (*Copper / Constantan*)

Termokopel tipe T cocok untuk pengukuran antara -200 to 350 °C. Konduktor positif terbuat dari tembaga, dan yang negatif terbuat dari *Constantan*. Sering dipakai sebagai alat pengukur alternatif sejak penelitian kawat tembaga. Type T memiliki sensitifitas $\sim 43 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

9. Tipe U (kompensasi tipe S dan tipe R)

Bahan logam konduktor positif *Copper* (tembaga), sedangkan bahan logam konduktor negatif *Copper-Nickel*. Tersedia untuk rentang suhu 0 °C hingga +1450 °C [1].

Sedangkan pada tugas akhir kali ini termokopel yang digunakan adalah termokopel jenis K.



Gambar 2. 3 Tampilan termokopel tipe K

2.1.5 Penggunaan Termokopel

Termokopel paling cocok digunakan untuk mengukur rentangan suhu yang luas, hingga 2300°C. Sebaliknya, kurang cocok untuk pengukuran dimana perbedaan suhu yang kecil harus diukur dengan akurasi tingkat tinggi, contohnya rentang suhu 0 sampai 100 °C dengan keakuratan 0.1 °C, untuk rentang suhu tersebut Termistor dan RTD lebih cocok. Adapun contoh penggunaan termokopel yang

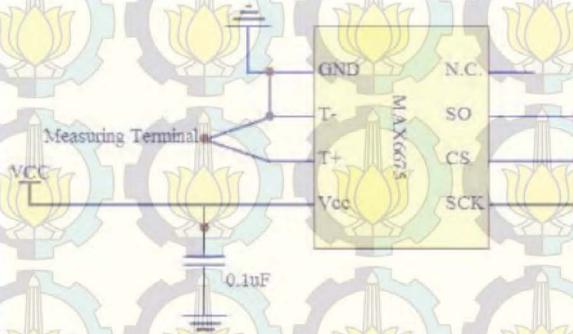
sering dipakai adalah pada industri besi dan baja, pengaman pada alat-alat pemanas, *termopile* sensor radiasi, dan pembangkit listrik tenaga panas radioisotop yang merupakan salah satu aplikasi isotop.

2.1.6 Kelebihan dan Kelemahan Termokopel

Kelebihan dan termokopel adalah rentang suhu yang diukur, jadi termokopel mampu mengukur suhu yang sangat tinggi yakni 1800 °C dan juga suhu sangat rendah 200 °C. Namun kelemahannya termokopel tidak dapat mengukur suhu awal dari suatu termometer karena termokopel tidak dapat dikalibrasi, sehingga ketika termokopel dinyalakan langsung membaca suhu ruangan.

2.2 Modul MAX6675

MAX6675 merupakan rangkaian kompensasi termokopel dan juga berfungsi mendigitalkan sinyal dari termokopel tipe K. Data output dalam resolusi 12 bit, Serial Pin Input (SPI *compatible*), dengan format data *read-only*. Kompensator ini memiliki ketelitian suhu mencapai 0,25 °C dan dapat membaca suhu mencapai 1024 °C, dan menunjukkan akurasi termokopel dari 8 LSBs (*Least significant bit*) untuk suhu mulai 0 °C hingga 700 °C.



Gambar 2. 4 Konfigurasi pin MAX6675 [2]

Seperti pada gambar 2.4 kompensator MAX6675 menerima sinyal analog dari termokopel tipe K dan mengkonversi ke sinyal digital yang kemudian diproses didalam mikrokontroler. Termokopel tipe K

nanti membaca suhu mulai dari 0 °C hingga 1023.75 °C. Sedangkan data output dari MAX6675 adalah 12 bit, jadi nominal terkecilnya adalah 0 yang merupakan representasi dari 0 °C dan nilai digital terbesarnya adalah 4095 yang merupakan representasi dari 1023.75 °C. Jadi persamaan hubungan antara nilai digital dengan temperatur adalah:

$$\text{Temperatur} = 1023.75 \times \frac{\text{nilai digital}}{4095} \quad (2.2)$$

Seiring dengan meningkatnya suhu variasi perubahan tegangannya adalah tidak linier. Dengan menerapkan metode rumus 2.2 variasi perubahan tegangan yang tidak linier dapat dihindari terutama ketika sudah mencapai zona suhu tinggi. Ada juga metode lain berfungsi untuk mengoptimalkan pengolahan data dan memperoleh presisi tinggi, metode ini disebut tabel *Lookup*. Tegangan dari termokopel tipe K yang diperoleh dari nilai digital MAX6675 sesuai dengan hubungan yang disamakan (10.25 μV/LSB) dapat ditentukan dalam interval suhu-tegangan secara pasti berdasarkan tabel referensi termokopel (tabel suhu-tegangan). Berdasarkan analisa data rata-rata sistem dapat memberikan nilai presisi yang cukup tinggi. Adapun tabel referensi termokopel tipe K adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Tabel referensi termokopel tipe K [3]

°C	Thermoelectric Voltage in Millivolts										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357	0.397
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758	0.798
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.163	1.203
30	1.203	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.530	1.571	1.612
40	1.612	1.653	1.694	1.735	1.776	1.817	1.858	1.899	1.941	1.982	2.023
50	2.023	2.064	2.106	2.147	2.188	2.230	2.271	2.312	2.354	2.395	2.436
60	2.436	2.478	2.519	2.561	2.602	2.644	2.685	2.727	2.768	2.810	2.851
70	2.851	2.893	2.934	2.976	3.017	3.059	3.100	3.142	3.184	3.225	3.267
80	3.267	3.308	3.350	3.391	3.433	3.474	3.516	3.557	3.599	3.640	3.682
90	3.682	3.723	3.765	3.806	3.848	3.889	3.931	3.972	4.013	4.055	4.096
100	4.096	4.138	4.179	4.220	4.262	4.303	4.344	4.385	4.427	4.468	4.509

Berdasarkan tabel 2.1 prosedur dari metode kedua ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai_tegangan = Nilai_digital/0.01025 mV/LSB
2. Nilai_tegangan \in (Nilai_tegangan_i, Nilai_tegangan_j), dengan interval temperatur,

$$T \in (T_i, T_j), T_j = T_i + 1 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (2.3)$$

Nilai_digital_{ij} = Nilai_tegangan_j – Nilai_tegangan_i,
Dalam interval perubahan temperatur ini, rasio perubahan tegangan per 0.1 $^\circ\text{C}$ adalah

$$R = \text{Nilai_digital}_{ij} / 10; \quad (2.4)$$

Menentukan zona suhu:

$$T = T_i + (\text{Nilai_tegangan} - \text{Nilai_tegangan}_i) / R \times 0.1 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.5)$$

Keterangan:

T = suhu aktual yang belum diketahui ($^\circ\text{C}$)

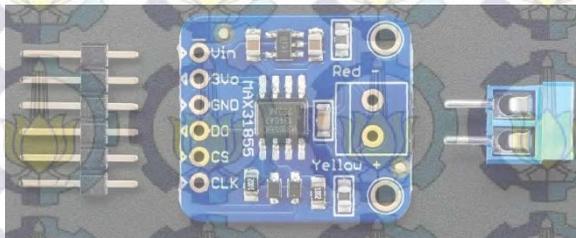
Nilai_tegangan = tegangan dari suhu aktual (μV)

Sesuai dengan analisa rumus, adapun tiga lapisan perbandingan suhu antara rumus dengan tabel *Look-up* adalah:

Tabel 2. 2 Tabel perbandingan metode [2]

Zone	Digital_value	Formula Temperature (°C)	Look-Up Table Temperature (°C)	Proportional error
Low	80	20	20.6	3%
	120	30	30.7	2.3%
	160	40	40.7	1.75%
	320	80	80.4	0.5%
Medium	800	200	201.6	0.8%
	960	240	242.3	1.15%
	1120	280	282.4	0.86%
	1200	300	302.2	0.73%
high	2700	675	665.5	1.41%
	2720	680	670.3	1.43%
	2760	690	680.0	1.45%
	2800	700	689.8	1.46%

Dengan cara mengetahui voltase eror proporsional, hal itu menunjukkan bahwa semakin tinggi atau rendahnya suatu suhu menunjukkan semakin besar perbedaan eror proporsional terjadi. Pada zona suhu rendah eror proporsional mencapai 3% sedangkan pada zona suhu tinggi hanya mencapai 1.4%. Rentang akurasi termokopel dari 8 LSB adalah 0 °C hingga 700 °C. MAX6675 juga tersedia dalam bentuk kecil, 8 pin SO (*small outline*) IC.



Gambar 2. 5 Modul MAX6675
(<http://www.adafruit.com/product/269>)

Aplikasi dari MAX6675 diantaranya adalah pada peralatan industri, peralatan rumah tangga, dan teknologi pendinginan dalam ruangan HVAC (*heating, ventilating, dan air conditioining*). Secara fitur-fitur dari MAX6675 adalah dapat mengkonversi digital secara langsung

dari output termokopel tipe K, kompensasi *cold junction, compatible serial interface*, data 12 bit dengan resolusi 0,25 °C, deteksi termokopel yang terbuka.

MAX6675 mengkonversi sinyal termokopel ke dalam bentuk voltase yang kompatibel dengan saluran inputan ADC. Pin input T+ dan T- dihubungkan dengan rangkaian internal untuk mengurangi gangguan dari kabel termokopel. Sebelum mengkonversi tegangan termokopel ke dalam persamaan nilai suhu, MAX6675 butuh untuk mengkompensasi perbedaan antara *cold-junction* dan referensi virtual 0 °C. Untuk termokopel tipe K perubahan tegangannya adalah 41µV/°C, dimana untuk mendekati karakteristik termokopel menggunakan persamaan rumus:

$$V_{out} = (41\mu V/^{\circ}C)5(T_R - T_{AMB}) \quad (2.6)$$

Keterangan:

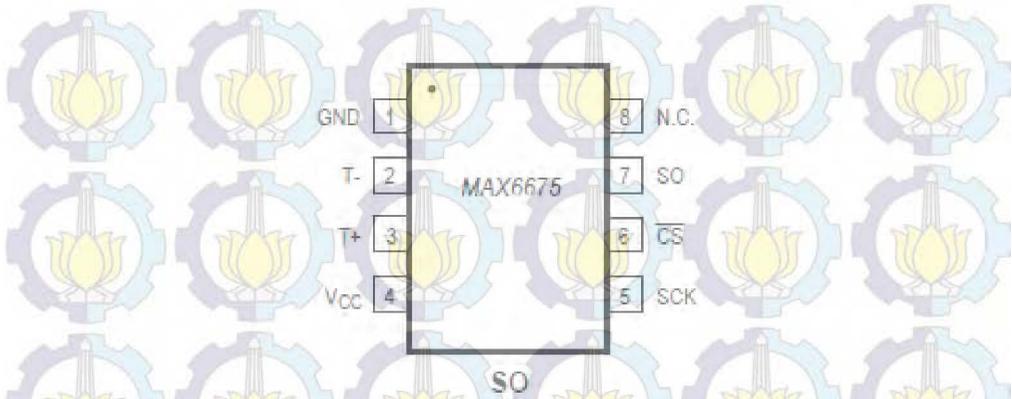
V_{out} : tegangan output termokopel (µV)

T_R : suhu dari *junction* termokopel

T_{AMB} : suhu terukur

Akurasi dari modul MAX6675 rentan terhadap *noise* sumber tegangan, maka dari itu untuk mengurangi pengaruh *noise* sumber tegangan dikasih kapasitor keramik 0.1µF yang dekat dengan pin sumber tegangan. Dalam beberapa aplikasi pemanasan komponen MAX6675 sendiri mempengaruhi akurasi pengukuran suhu, besarnya kesalahan bergantung terhadap konduktivitas suhu dari MAX6675, dan efek udara dari luar juga pengaruh. Sedangkan untuk meningkatkan akurasi pengukuran suhu digunakan bidang *ground* yang besar atau luas. Sedangkan untuk mengurangi *Pick-Up noise* memakai penguat input berupa *low-noise amplifier* yang didesain untuk mendapatkan akurasi penginderaan input yang tinggi [4].

2.2.1 Konfigurasi MAX6675



Gambar 2. 6 Pin konfigurasi MAX6675 [4]

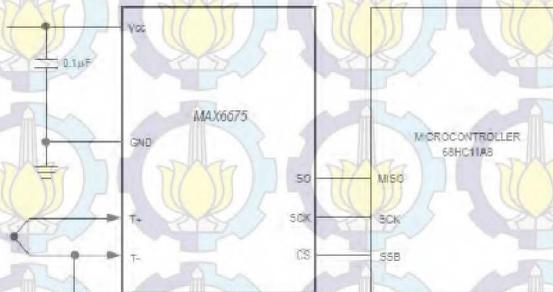
Keterangan Pin:

Tabel 2. 3 Tabel keterangan pin MAX6675

PIN	NAMA	FUNGSI
1	GND	Ground
2	T-	Alumel timbal termokopel tipe K, harus dihubungkan ke ground eksternal.
3	T+	Chromel timbal termokopel tipe K.

Tabel 2. 4 Tabel keterangan pin MAX6675 (lanjutan)

4	V _{cc}	Sumber tegangan positif, <i>bypass</i> dengan 0.1 μ F, kapasitor, dan GND.
5	SCK	<i>Serial Clock Input</i>
6	CS	<i>Chip select</i> , atur CS aktif low untuk mengaktifkan <i>serial interface</i> .
7	SO	<i>Serial data output</i>
8	N.C.	<i>No connection</i>

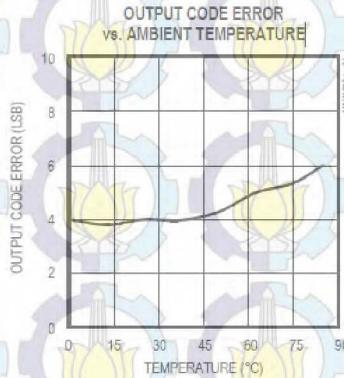


Gambar 2. 7 Aplikasi rangkaian MAX6675 [4]

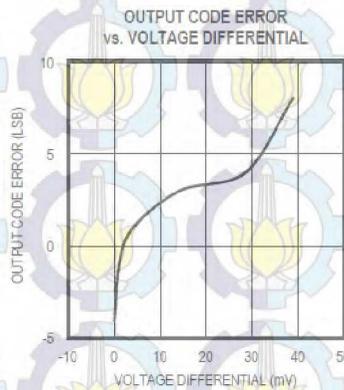
Modul MAX6675 memiliki dua pin input yakni T+ dan T- yang dihubungkan dengan ujung-ujung termokopel, dan 5 pin output yang mengeluarkan data digital pada mikrokontroler.

2.2.2 Karakteristik MAX6675

Adapun karakteristik modul MAX6675 adalah dimulai dari sumber tegangan, rentangan voltase yang mampu diterima adalah -0.3V hingga +6V. Sedangkan pin SO, SCK, CS, T-, T+ rentangan voltase yang mampu diterima adalah -0.3V hingga +0.3V, dan input arus pin SO adalah 50 mA. Dan karakteristik hubungan suhu dan perbedaan tegangan dengan error output adalah:

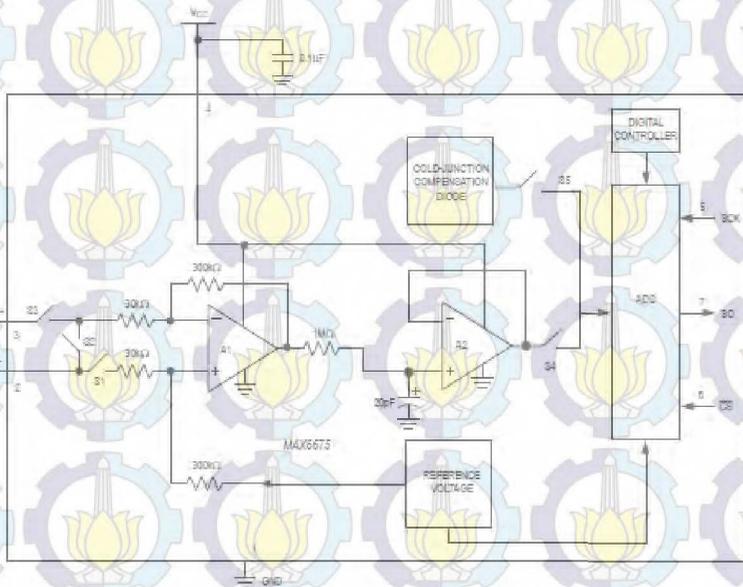


Gambar 2. 8 Karakteristik MAX6675 1 [4]



Gambar 2.8 Karakteristik MAX6675 2 [4]

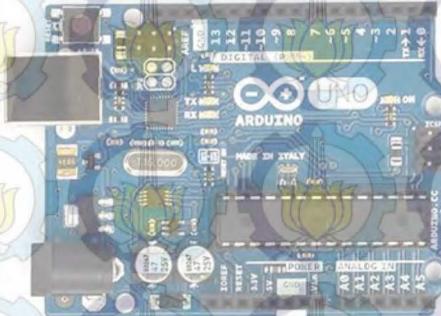
MAX6675 adalah sebuah modul kompensator termokopel tipe K yang didalamnya berupa rangkaian, adapun rangkaian modul MAX6675 adalah:



Gambar 2. 9 Rangkaian MAX6675 [4]

2.3 Arduino Uno R3

Arduino UNO adalah sebuah *miniboard* berbasis mikrokontroler ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (pin 0-13) yang terdiri dari 6 pin input analog (pin 0-5) yang biasa digunakan untuk membaca tegangan dari sensor dan mengkonversikannya menjadi nilai 0 dan 1023, 6 pin output analog (pin 3, 5, 6, 9, 10, 11) yang digunakan untuk pengaturan PWM (*Pulse Width Modulation*), sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO dapat dioperasikan dengan menggunakan *port* USB komputer, USB *charger*, atau adaptor AC-DC dengan tegangan yang direkomendasikan 9 Volt [5].

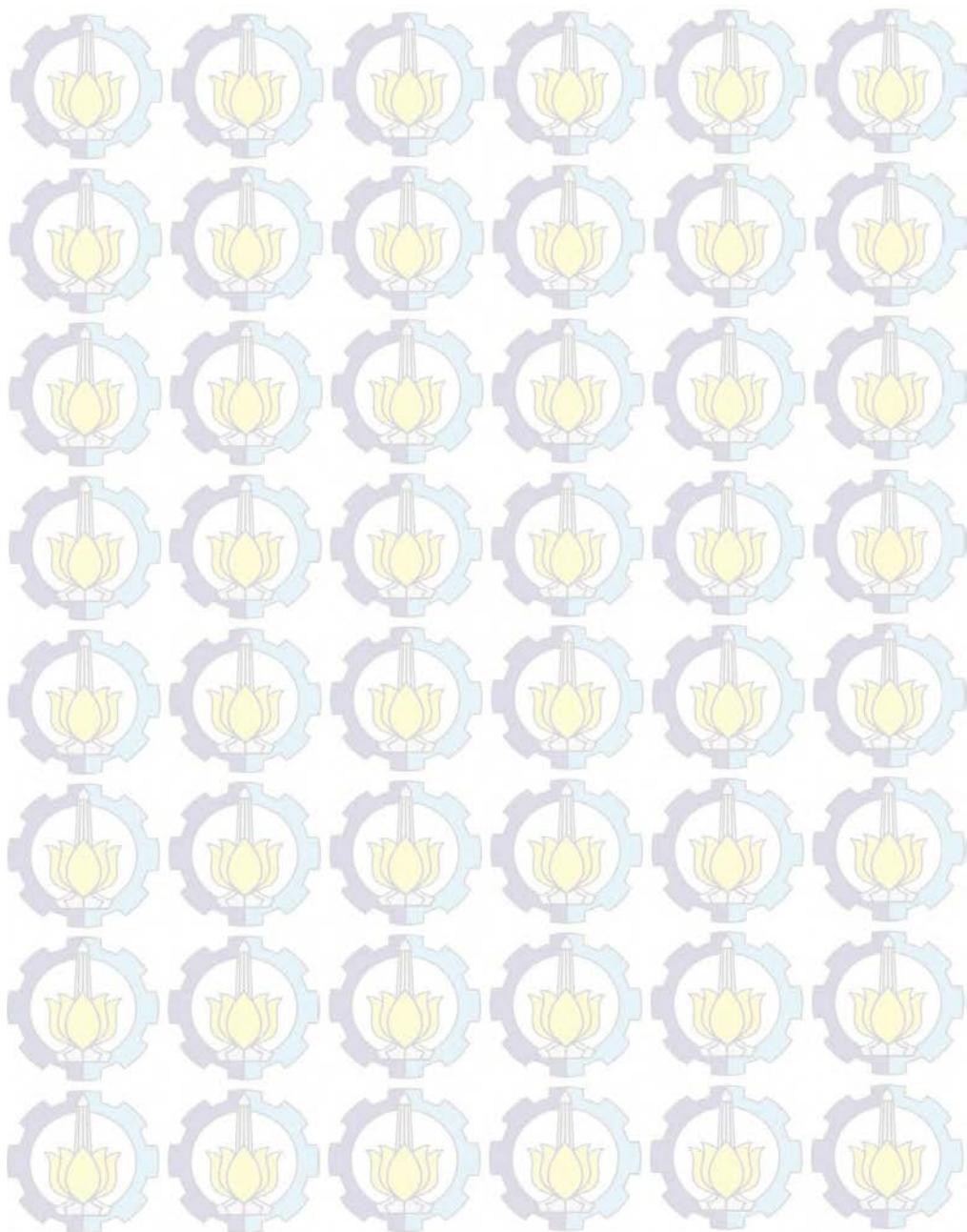


Gambar 2. 10 Arduino Uno R3
(www.arduino.cc)

Ada banyak sekali jenis-jenis Arduino seperti Arduino Uno, Duemilanove, Diecimila, NG Rev. C, Nuova Generazione, USB, Arduino Serial, Mega, FIO, Lilypad, BT, Nano, dan Arduino Mini. Setiap jenis Arduino mempunyai fungsi dan aplikasi masing-masing, disini Arduino yang digunakan adalah Arduino Uno R3 atau Arduino yang paling umum karena menggunakan perangkat komunikasi kabel USB yang kompatibel dengan laptop atau komputer. Adapun tabel spesifikasi mikrokontroler Arduino adalah:

Tabel 2. 5 Spesifikasi Arduino Uno

<i>Microcontroller</i>	ATmega328
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage</i>	7-12V
<i>Input Voltage</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	14 (of which 6 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATmega328)
<i>SRAM</i>	2 KB (ATmega328)



Tabel 2. 6 Spesifikasi Arduino Uno (lanjutan)

EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

2.4 Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuatur putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup sehingga dapat diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor tersebut. Penggunaan sistem kontrol rangkaian tertutup pada motor servo berguna untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir dari poros motor servo. Penjelasan sederhananya posisi poros output akan disensor untuk mengetahui posisi poros sudah tepat seperti yang diinginkan atau belum, dan jika belum maka kontrol akan mengirim sinyal kontrol untuk membuat posisi poros tersebut tepat pada posisi yang diinginkan.

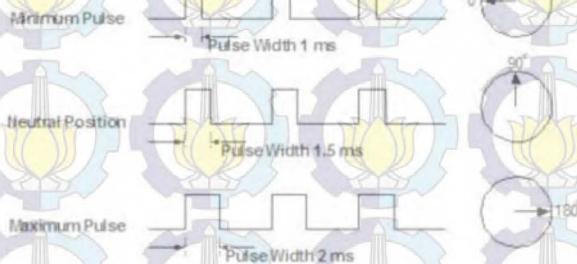


Gambar 2. 11 Motor servo [6]

Terdapat 3 kabel yaitu *ground*, *Vcc*, dan *data*. Jenis motor servo adalah motor servo standar 180° dan motor servo *continuous*. Motor servo standar 180° mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total sudut dari kanan-tengah-kiri adalah 180°. Motor servo *continuous* mampu

bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara berkelanjutan). Ada beberapa aplikasi dari motor servo misalnya sebagai manipulator, penggerak kamera, lengan robot, dan lain-lain.

Pengendalian gerakan motor servo dapat dilakukan dengan metode pengaturan T_{on} . Teknik ini menggunakan sistem lebar pulsa untuk mengendalikan putaran motor servo. Semakin kecil T_{on} , maka semakin ke kiri posisi sudut. Semakin besar T_{on} semakin ke kanan posisi sudut. Berikut sistem sinyal pada motor servo dijelaskan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. 12 Metode pembangkitan motor servo 1 [6]

Pada gambar 2.12 pergerakan motor servo ke kanan atau ke kiri tergantung dari T_{on} yang diberikan. Jika T_{on} yang diberikan antara $500 \mu s$ sampai $600 \mu s$ sudut yang terbentuk antara 0 sampai 10° . Jika diberikan T_{on} antara $1400 \mu s$ sampai dengan $1600 \mu s$ sudut yang terbentuk antara 90° . Jika diberikan $T_{on} > 2000$ sudut yang terbentuk $> 120^\circ$. Salah satu perbedaan utama antara motor servo dan motor *stepper* adalah bahwa motor servo dijalankan dengan menggunakan kontrol sehingga ketika servo bergerak, servo akan mengenali keadaan sebelumnya dan sekarang. Beda hal untuk motor *stepper*, motor ini tidak ada sensor posisi untuk bergerak.

Beberapa kelebihan motor servo dibandingkan dengan motor *stepper* adalah:

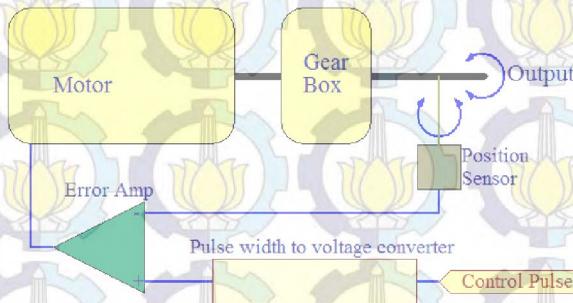
1. Torsi awal yang tinggi.

2. Torsi tinggi untuk *inertia ratio*.
3. Kecepatannya tinggi.
4. Bekerja baik untuk kontrol kecepatan.
5. Tersedia dalam banyak ukuran.
6. Tidak menimbulkan suara keras atau bising.

Sedangkan beberapa kekurangan motor servo dibandingkan dengan motor *stepper* adalah:

1. Lebih mahal daripada motor *stepper*.
2. Tidak dapat bekerja dengan sistem *open loop*, dibutuhkan umpan balik.
3. Memerlukan penyesuaian parameter-parameter *control loop*.
4. Memerlukan pemeliharaan yang lebih karena adanya *brush* pada motor DC.

Motor servo terdiri dari beberapa bagian utama, yakni motor dan *gearbox*, sensor posisi, *error amplifier* dan motor *driver* serta rangkaian yang mengkode posisi yang diminta.



Gambar 2. 13 Metode pembangkitan motor servo (<http://www.digitalnemesi.com/info/docs/rcservo>)

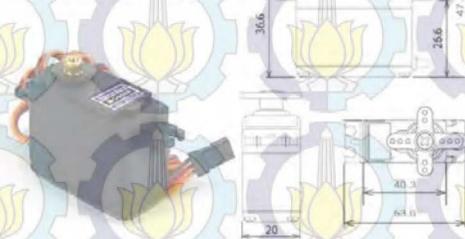
2.4.1 Servo Towerpro MG996R

Servo tipe ini merupakan servo standar berkecepatan tinggi yang mampu berotasi kira-kira 120 derajat. Servo dapat diprogram menggunakan berbagai macam kode program, perangkat keras, maupun *library*. Arsitektur mekanik servo ini memakai dua piringan *gear* berbahan logam pada *gearbox*-nya. Memiliki berat 55 gram, dengan torsi 8.5 kg.cm pada catu daya 4,8 Volt, dan 10 kg.cm pada catu daya 6 Volt. Servo dapat beroperasi pada tegangan 4,5 – 7,2 Volt,

dan pada suhu $0^{\circ} - 55^{\circ}$ C. Spesifikasi kabelnya untuk data pwm berwarna orange, Vcc berwarna merah, dan kabel *ground* berwarna cokelat.

MG996R

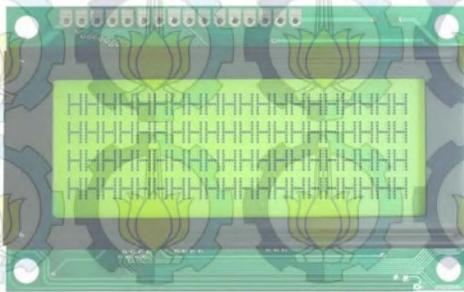
Metal Gear Dual Ball Bearing Digital Servo



Gambar 2. 14 Servo Towerpro MG996R
(www.aliexpress.com)

2.5 LCD Display

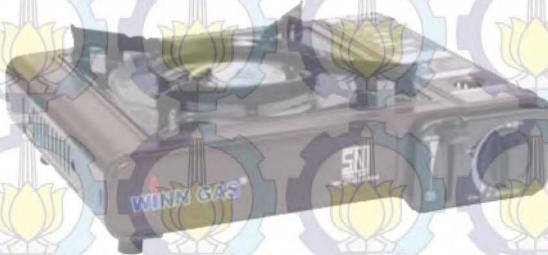
LCD adalah kepanjangan dari *liquid crystal display*, adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah banyak digunakan di berbagai bidang misalnya dalam perangkat elektronik misal televisi, kalkulator, dan layar komputer. Dan sekarang ini LCD mendominasi jenis tampilan untuk komputer maupun laptop karena membutuhkan daya listrik yang rendah, bentuknya yang tipis, mengeluarkan sedikit panas, dan memiliki resolusi tinggi. Namun pada tugas akhir ini LCD yang dipakai adalah LCD standar yang dipakai paada praktikum dasar rangkaian listrik, dan hanya mempunyai satu warna, dengan dimensi piksel 20x4. Adapun spesifikasi LCD ini mempunyai 5x8 dot/piksel, sumber tegangan +5 Volt, 1/16 *duty cycle*, dan ada LED *backlight*.



Gambar 2. 15 LCD display 20x4
(onvision.en.alibaba.com)

2.6 Kompor Portabel Winn Gass

Kompor adalah alat masak yang menghasilkan panas tinggi. Bahan bakarnya bermacam-macam, ada yang memakai kayu bakar, minyak tanah, LPG, dan listrik. Sedangkan yang paling sering digunakan adalah bahan bakar LPG yang banyak dijumpai di masyarakat. Kompor yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah kompor portabel dengan bahan bakar LPG dalam kaleng. Untuk tugas akhir kali ini kompor yang digunakan adalah kompor portabel Winn gas, merupakan kompor dengan model 1 tungku. Selain dapat menggunakan tabung gas *butane*, kompor ini juga bisa menggunakan tabung gas Pertamina ukuran 3 kg atau 12 kg. Pemantik apinya memakai pemantik api korek dengan menggunakan teknologi Jepang yang sudah diatur agar mengeluarkan api biru dan sudah teruji dapat diklik lebih dari 50.000 kali. Kompor ini juga ada fitur pengunci bahan bakar untuk mengamankan ketika kompor sedang tidak dipakai. *Burner cap* terbuat dari kuningan sehingga awet dan tahan lama. *Burner* terbuat dari *stainless steel*, *trivet* plat dilapisi *enamel* menjadikannya bebas karat.



Gambar 2. 16 Kompor portable Winn gas



Gambar 2. 17 Tabung kaleng Winn gas

2.7 Pemantik Kompor

Ada tiga jenis sumber daya penyalan api pada kompor gas, yaitu pemantik tumbuk, batu baterai, dan aliran listrik. Kelebihan kompor gas dengan penyalan api yang bersumber dari pemantik tumbuk, jadi tidak membutuhkan sumber dari luar, dan jika ada kerusakan pemantik bisa langsung diganti yang baru. Sedangkan kelebihan pemantik kompor gas yang penyalan apinya bersumber dari batu baterai atau listrik tidak menimbulkan suara berisik saat kompor dinyalakan. Namun jika kumparannya mengalami kerusakan, sulit untuk mencari gantinya dan harganya yang cukup mahal.

Perbedaan utama antara pemantik tumbuk dengan kumparan terletak pada cara menyalakan tungku kompor. Kompor yang menggunakan pemantik tumbuk menyala oleh sambaran api yang keluar dari pipa penyulut. Sedangkan kompor yang menggunakan kumparan langsung

menyala oleh loncatan listrik yang timbul dari jarum elektroda yang terletak dekat dengan tungku pembakar. Secara umum ada dua jenis kompor gas yang banyak dipakai masyarakat, yakni kompor gas meja dan kompor gas oven [7]. Sedangkan kompor yang dipakai pada tugas akhir ini adalah jenis kompor gas meja karena yang paling umum dan paling banyak digunakan. Adapun tampilan pemantik yang biasanya ditemui di pasaran adalah:



Gambar 2. 18 Pemantik tumbuk [7]



Gambar 2. 19 Pemantik listrik kompor Winn gas

Di lain sisi pemantik api juga ada yang tidak menyatu dengan kompor, yakni pemantik api serba guna. Jenisnya juga ada dua, yang menggunakan pemantik tumbuk dan menggunakan listrik.

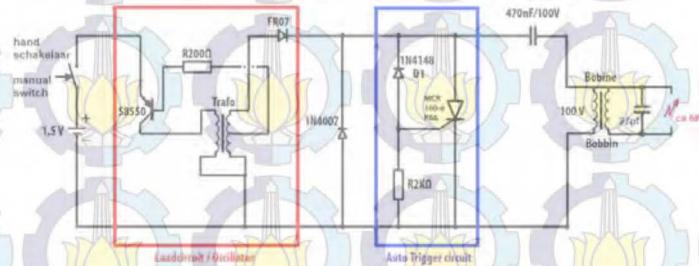


Gambar 2. 20 Pemantik api tumbuk eksternal



Gambar 2. 21 Pemantik api listrik eksternal
(www.acehardware.com)

Untuk pemantik listrik yang menggunakan baterai memiliki rangkaian yang terdiri dari komponen elektronik, adapun rangkaiannya adalah:



Gambar 2. 22 Rangkaian pemantik api listrik

Pada rangkaian gambar 2.22 tegangan input yang dibutuhkan adalah 1,5 Volt dengan tegangan output kurang lebih sebesar 6000 Volt.

2.8 Titik Didih Zat Cair

Pada umumnya orang memasak media yang digunakan untuk memasak adalah air atau minyak untuk mematangkan masakan. Apabila mau memasak memakai salah satu bahan tersebut tentu saja harus mengetahui karakteristik dari zat cair tersebut, yang paling sederhana adalah titik didih dari minyak maupun air.

2.8.1 Air

Air adalah zat cair yang tidak mempunyai rasa, warna, dan bau yang terdiri dari hidrogen dan oksigen dengan rumus kimiawi H_2O . karena air merupakan suatu larutan yang hampir bersifat universal, maka zat-zat yang paling alamiah maupun buatan manusia hingga tingkat tertentu larut di dalamnya [8]. Air memiliki sifat mencair, membeku, dan menguap, dalam kondisi memasak, biasanya yang dibutuhkan adalah kondisi mendidih, yakni mendidih pada suhu $100^{\circ}C$ [9].

2.8.2 Minyak Goreng

Minyak masakan atau minyak kelapa adalah minyak atau lemak yang berasal dari pemurnian bagian tumbuhan, hewan, atau dibuat secara sintetik yang dimurnikan dan biasanya digunakan untuk menggoreng makanan. Minyak masakan umumnya berbentuk cair dalam suhu kamar. Minyak masakan kebanyakan diperoleh dari tumbuhan, seperti kelapa, seralia, kacang-kacangan, jagung, kedelai, dan kanola. Minyak goreng biasanya digunakan hingga 3 sampai 4 kali penggorengan, jika digunakan berulang kali, minyak akan berubah warna.

Saat penggorengan dilakukan, ikatan rangkap yang terdapat pada asam lemak tak jenuh akan putus membentuk asam lemak jenuh. Minyak yang baik adalah minyak yang mengandung asam lemak tak jenuh yang lebih banyak dibandingkan dengan kandungan asam lemak jenuhnya. Setelah penggorengan berkali-kali asam lemak yang terkandung dalam minyak akan semakin jenuh. Dengan demikian minyak tersebut dapat dikatakan telah rusak atau dapat disebut minyak jelantah. Penggunaan minyak berkali-kali akan membuat ikatan rangkap minyak teroksidasi membentuk gugus peroksida dan monomer siklik, minyak yang seperti ini dikatakan telah rusak dan berbahaya bagi kesehatan. Suhu yang semakin tinggi dan semakin lama pemanasan, kadar asam lemak jenuh akan semakin naik. Minyak nabati dengan kadar asam lemak jenuh yang tinggi akan mengakibatkan makanan yang digoreng menjadi berbahaya bagi kesehatan. Minyak goreng pada umumnya berasal dari minyak kelapa

sawit, minyak kelapa dapat digunakan untuk menggoreng karena struktur minyaknya yang memiliki ikatan rangkap sehingga minyaknya termasuk lemak tak jenuh yang sifatnya stabil. Selain itu pada minyak kelapa terdapat asam lemak esensial yang tidak dapat disintesis oleh tubuh. Asam lemak tersebut adalah asam palmitat, stearat, oleat, dan linoleat [10].

Berbeda dengan air, minyak goreng tidak mempunyai titik didih melainkan mempunyai titik leleh, yakni 35 °C. Masa jenis minyak lebih ringan dari pada air, apabila dibandingkan dengan spesifikasi gravitasi minyak adalah 0,952 sedangkan air 1, maka dari itu apabila minyak dan air dicampurkan minyak selalu berada di atas [11].

2.9 Sayuran yang Membutuhkan Pengaturan Khusus

Beberapa masakan membutuhkan pengaturan khusus untuk membuatnya matang, parameter yang diatur biasanya besar-kecilnya nyala api, lama memasak yang berhubungan dengan kematangan masakan. Hal ini tentu saja jarang dikuasai oleh orang yang belajar memasak dikarenakan hal tersebut membutuhkan pengalaman memasak. Salah satu contoh masakan yang membutuhkan pengaturan khusus adalah memasak sayur. Dalam memasak sayur ada beberapa sayuran yang membutuhkan perlakuan khusus agar nantinya bisa matang sempurna. Adapun sayuran-sayuran yang sering dipakai sebagai bahan memasak dan membutuhkan pengaturan khusus adalah:

2.9.1 Wortel

Wortel adalah sumber yang banyak mengandung karoten dan vitamin A. 100 g wortel segar mengandung sekitar 8285 mg beta karoten dan 16,706 IU vitamin A. Studi telah menemukan bahwa senyawa flavonoid dalam wortel membantu melindungi kulit, paru-paru, dan kanker rongga mulut. Wortel adalah sayuran dari umbi tanaman yang sudah lama menjadi bagian yang terpisahkan dari masakan. Walau warna oranye adalah warna wortel yang paling terkenal, warna wortel beragam dari ungu, putih dan kuning, juga beragam nuansa oranye.

Wortel memiliki kandungan vitamin A yang tinggi, walau proses memasak bisa merubah keberadaan vitamin ini. Berikut teknik memasak yang memastikan rasa manis alami wortel ditingkatkan.

- a. Bersihkan wortel, sebelum memasak wortel harus dibersihkan dengan disikat bukan dikupas.
- b. Memotong wortel dengan ukuran besar yang sama agar vitamin tidak banyak hilang dan matang merata.
- c. Untuk merebus wortel sebaiknya airnya dipanaskan dulu sampai mendidih setelah itu wortel baru dimasukkan.
- d. Masak hingga empuk tapi tidak sampai lunak, selama 10 sampai 15 menit.
- e. Membuat sup wortel dengan menambahkan 3,8 liter kaldu sayur atau ayam kemudian dididihkan di atas api kecil selama 30 menit [12].

2.9.2 Kentang

Kentang adalah salah satu makanan sumber pati, vitamin, mineral dan serat. 100 gram kentang terdapat 70 kalori (namun hanya mengandung lemak yang sedikit, sekitar 0,1 gram per100 gram) dan kolesterol. Kentang adalah jenis sayuran yang sangat digemari karena serbaguna untuk memasak serta memiliki rasa dan tekstur yang lezat. Ada banyak cara untuk memasak kentang, persiapan yang matang akan memastikan rasa kentang terbaik.

- a. Merebus kentang dengan ukuran yang berbeda-beda membutuhkan waktu memasak yang berbeda-beda pula, misalnya untuk merebus kentang utuh membutuhkan waktu 40 menit, merebus kentang yang dibelah menjadi 2 sampai 4 bagian membutuhkan waktu 20 menit, merebus kentang dengan potongan dadu membutuhkan waktu 10 sampai 12 menit.
- b. Merebus kentang tanpa mengupasnya akan mempertahankan lebih banyak nutrisi daripada merebus kentang dengan mengupasnya.
- c. Rebus dengan sedikit air juga dapat mempertahankan nutrisi di dalam kentang.
- d. Sedangkan cara memasaknya adalah dengan mendidihkan air terlebih dahulu, kemudian kentang dimasukkan dan dikecilkan apinya.

- 
- e. Air bekas merebus kentang dapat ditambahkan ke sup, kaldu, dan kaserol untuk meningkatkan kandungan gizi hidangan.
 - f. Selain merebus, kentang juga dapat dimasak dengan mengukus, memanggang, dengan microwave, ditumbuk, semur, menggoreng, dan sebagainya. Cara memasak kentang yang berbeda-beda membutuhkan pengaturan yang berbeda-beda pula. Misalnya untuk mengukus kentang air harus direbus dulu selama 20 sampai 40 menit sampai uap dapat menembus kentang. Apabila mengukus atau memanggang dengan oven suhu oven diatur 200 °C kemudian ditunggu selama 1 jam. Begitu juga dengan variasi masakan lain yang memakai kentang [13].

2.9.3 Buncis

Buncis adalah bahan makanan nabati yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Buncis mengandung energi sebesar 35 kilokalori, protein 2,4 gram, karbohidrat 7,7 gram, lemak 0,2 gram, kalsium 65 miligram, fosfor 44 miligram, dan zat besi 1 miligram. Selain itu di dalam Buncis juga terkandung vitamin A sebanyak 630 IU, vitamin B1 0,08 miligram dan vitamin C 19 miligram. Hasil tersebut didapat dari melakukan penelitian terhadap 100 gram buncis, dengan jumlah yang dapat dimakan sebanyak 90% [26]. Buncis adalah pelengkap hidangan bernutrisi yang tersedia sepanjang tahun. Sebelum memasak buncis, cucilah terlebih dulu dengan air bersih dan hilangkan ujung batangnya dengan pisau atau dipatahkan. Ada 3 cara dasar memasak buncis, yakni salad buncis, *casserole* buncis, dan buncis manis. Adapun cara memasak buncis adalah:

- a. Rebus air dengan api besar hingga mendidih, lalu masukkan buncis yang sudah dicuci dan dihilangkan ujungnya. Volume air cukup banyak hingga dapat merendam buncis.
- b. Ketika air sudah mendidih, kecilkan kompor, masukkan buncis biarkan buncis selama 4 menit hingga lunak. Kemudian buncis ditiriskan dan dapat dibumbui dengan garam dan lada.
- c. Metode lain dalam memasak buncis adalah dengan mengukus, mengukus buncis adalah cara terbaik dalam mempertahankan nilai nutrisi buncis. Sedangkan caranya adalah dengan mengisi panci dengan air setinggi 2,5 cm dan memasukkan wadah



pengukus ke dalam panci. Kemudian air dididihkan dalam panci dan ditutup rapat, jika sudah mendidih buncis dimasukkan ke dalam pengukus dengan mengecilkan api kompor. Setelah dikukus buncis dimasak selama 2 menit dan diperiksa kematangan buncis apakah sudah lunak atau belum.

d. Cara memasak buncis yang selanjutnya adalah membuat salad buncis, dengan menambahkan tomat, bawang bombai, dan keju feta, bahan diaduk yang dicampur dengan minyak zaitun, cuka, garam, dan lada. Salad buncis ini disajikan dalam keadaan dingin.

e. Apabila ingin membuat *casserole* buncis dibutuhkan 625 gram. Alat masak yang digunakan adalah oven diatur pada suhu 176 °C, *casserole* diolesi dengan mentega dicampur dengan tepung roti, keju parmesan, dan 1 sendok makan mentega di dalam mangkuk kecil. Kemudian untuk memasaknya bawang bombai dan adonan tadi ditumis kurang lebih selama 3 menit, kemudian ditambahkan jamur dan dimasak lagi hingga lunak selama 4 menit. Setelah jadi, adonan ditambah kaldu ayam yang dididihkan dalam api besar, dicampur dengan tepung maizena dan 60 ml air, kemudian ditunggu sampai kaldu mengental. Setelah masakan jadi semua bahan dituang ke dalam piringan *casserole* dan dimasukkan ke dalam oven.

f. Metode lain dalam memasak buncis adalah buncis manis. Caranya adalah dengan merebus air selama 15 menit, airnya dibuang dan buncis ditaburi dengan sedikit gula atau air gula dan diaduk rata.

Salah satu cara untuk menjaga buncis tetap hijau cerah adalah ketika buncis sudah matang, buncis direndam dan disaring di dalam air es untuk menghentikan proses pematangan, hal ini juga dapat membantu menjaga nutrisi yang terkandung pada buncis [14]. Dan masih banyak cara lagi untuk memasak saur buncis.

2.9.4 Kembang Kol

Kembang kol atau bunga kol memiliki manfaat bagi kesehatan seperti, gangguan pencernaan, mencegah efek radiasi ultraviolet, diabetes, radang usus, degenerasi makula, obesitas dan hipertensi. Zat bersifat Antioksidan pada bunga kol membantu memperkuat sistem kekebalan tubuh dan membantu mengurangi resiko *stroke*, kanker dan penyakit neurodegenerative. Kembang kol juga berguna untuk



menjaga kesehatan tulang, otak, keseimbangan elektrolit, menjaga kadar kolesterol, dan mencegah gangguan terhadap kardiovaskular. Kembang kol adalah sayuran keluarga kol dengan kuntum berwarna putih, ungu, hijau atau oranye dan berkepalanya besar. Rasanya ringan dan dapat digunakan sebagai pengganti brokoli atau kentang. Kembang kol segar cocok untuk dikukus, direbus, dilumat, dipanggang atau ditumis. Adapun untuk memilih bunga kol semakin cerah semakin baik, dan beberapa cara memasak kembang kol adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengukus kembang kol, perlu dididihkan sedikit air kemudian kembang kol dimasukkan selama 5 sampai 10 menit, atau bagian kuntum bunga kol dapat dikukus selama 15 menit.
- b. Untuk membuat kembang kol menjadi rebusan atau sup, masak kembang kol dalam air, biarkan mendidih selama 20 menit, untuk bagian kuntum dididihkan selama 5 sampai 10 menit. Langkah selanjutnya adalah meniriskan air, kemudian kol ditambahkan susu, mentega, dan bumbu. Kemudian kembang kol dilumat dengan pelumat kentang.
- c. Untuk memanggang kuntum bunga kol diperlukan pengaturan oven 204 °C, kemudian kembang kol bersama 1 sendok makan minyak zaitun, garam, merica, dan biji jintan. Kemudian campuran disusun ke dalam loyang dan dimasukkan ke oven selama 20 menit sampai berwarna coklat keemasan.

Kembang kol juga lezat jika dimasak ataupun dimakan mentah, untuk kembang kol mentah, kembang kol perlu dicuci dahulu dan dipecahkan bagian kuntumnya lalu disajikan dengan saus. Dalam memasak kembang kol tidak boleh terlalu matang karena akan kehilangan rasa dan nutrisinya [15].

2.9.5 Tomat

Tomat merupakan buah sayur yang kaya akan vitamin A dan C dan asam folat, 3 buah nutrisi yang paling dibutuhkan setiap hari terutama untuk ketahanan tubuh. Salah satu cara mengonsumsi tomat yang enak tapi juga tidak kehilangan nutrisinya misalnya dengan membuat sup tomat, adalah makanan yang sehat, rendah kalori, serta cocok untuk dinikmati di hari yang dingin atau sedang hujan dan cocok

dijadikan teman makan sandwich keju. Sup tomat dapat dibuat dengan memanggang, merebus, kemudian menghaluskan tomat. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Panci diisi air setengah penuh kemudian dididihkan, kemudian tomat dipotong dengan pola “x”, kemudian tomat direbus dalam air mendidih selama 30 detik sampai warnanya pucat, kemudian tomat langsung diangkat dan didinginkan sebelum dipotong. Pada langkah ini tomat tidak boleh direbus terlalu lama, apabila terlalu lama akan membuat sari-sari tomat larut dengan air dan membuat rasa tomatnya hilang. Setelah tomat didinginkan tomat dikupas dan dipotong.
- b. Untuk memanggang sayuran, oven dipanaskan sampai 350 °C. kemudian tomat, paprika, dan bawang dipotong ukuran sedang. Kemudian sayuran dimasukkan ke dalam mangkok, bawang putih dan timi ikut dicampurkan dalam sayuran tersebut, kemudian diaduk setelah dituang 2 sendok makan minyak. Kemudian sayuran dimasukkan ke dalam nampan panggang, kemudian dipanggang selama 30 menit. Setelah matang sayuran yang sudah dipanggang dimasukkan ke dalam panci, kemudian kuah sayur dimasukkan dalam panci, banyak sedikitnya kuah bisa tergantung selera pemasak apakah mau kuah encer atau kental. Kemudian sayuran dididihkan secara perlahan dan ditambah bumbu penyedap, kuah dipanaskan pada api sedang selama 30 menit. Langkah terakhir adalah menghaluskan sup ke dalam blender dan dihancurkan sampai halus merata [25].

2.9.6 Brokoli

Brokoli tidak hanya kaya akan gizi seperti vitamin C, asam folat, dan serat, tetapi juga mudah untuk dimasak dan bisa menjadi tambahan yang bergizi untuk setiap makanan. Ada banyak cara untuk memasak brokoli, mulai dari mengukus, menumis, memanggang, atau memblansing brokoli, brokoli adalah sayuran lezat yang terasa enak dimakan sendiri atau dicampur dengan bahan lain seperti berbagai macam daging atau sayuran lainnya. Adapun beberapa cara memasak brokoli adalah sebagai berikut:

- a. Sebelum memasak brokoli, sayuran ini harus dicuci dahulu dengan mencuci dan membilas brokoli secara menyeluruh,

kemudian batang utama brokoli dibuang karena lebih keras dan tidak enak jika dimasak.

- b. Untuk mengukus brokoli, panci diisi kurang lebih 5 cm air, tempat kukusan dimasukkan, panci ditutup, dan air dididihkan dengan menggunakan api sedang. Setelah air mendidih brokoli dimasukkan selama 3 sampai 5 menit tergantung banyaknya brokoli yang dikukus. Setelah masak tutup panci harus dibuka segera karena jika tidak brokoli akan terus termasak dan menjadi lembek dan basah.
- c. Untuk memasak brokoli beku, brokoli dimasukkan ke dalam panci berisi air dengan ketinggian 5 sampai 7,5 cm air. Kemudian air bersama brokoli dipanaskan di atas api sedang hanya sampai air mulai mendidih. Kemudian air harus segera diangkat dari kompor [16].
- d. Untuk merebus brokoli, panci besar diisi dengan air sebanyak 2/3 penuh. Kemudian panci diisi dengan air dingin, dimasukkan beberapa balok es. Kemudian kompor dinyalakan dengan api besar untuk mendidihkan air, setelah mendidih batang brokoli dimasukkan selama 2 menit, kemudian bunga brokoli dimasukkan selama 5 menit dan ditunggu hingga brokoli matang dan melunak. Setelah masak brokoli dimasukkan ke dalam air es yang sudah disiapkan, langkah ini agar brokoli berhenti dari proses perebusan dan membuat tekstur menjadi renyah. Kemudian brokoli ditiriskan dari air dan siap untuk dicampur dengan bumbu.

Merebus brokoli sangat baik bagi orang yang memiliki masalah pencernaan, karena proses perebusan dapat membuat lebih mudah untuk dicerna [17]. Adapun beberapa sayuran lainnya juga membutuhkan perlakuan khusus dalam memasak.

Salah satu masakan yang memakai beberapa bahan sayuran di atas adalah sayur sop yang nantinya akan diujikan pada bab 4, dalam memasak sayur sop wortel, kentang, dan buncis membutuhkan waktu lebih lama daripada bahan lain, sayurannya pun tidak dapat dimasukkan secara bersamaan karena memiliki tingkat kematangan yang berbeda-beda, sehingga dalam memasak sayur sop bahan harus dimasukkan satu persatu sesuai petunjuk resep. Dalam membuat sayur sop dibutuhkan kurang lebih 30 menit.

2.10 Kontrol Proporsional Integral

Sistem kontrol proporsional adalah jenis sistem kontrol umpan balik yang linier. Sistem kontrol proporsional lebih kompleks dari pada sistem kontrol *on-off*, namun sistemnya lebih sederhana dari pada sistem kontrol PID (Proporsional-Integral-Derivatif) yang biasanya digunakan dalam suatu sistem kontrol mobil. Prinsip kerja kontrol *on-off* akan bekerja dimana sistem secara keseluruhan memiliki respon waktu yang lambat, dan dapat mengakibatkan sistem tidak stabil jika sistem yang dikontrol memiliki respon waktu yang cepat. Maka dari itu dibutuhkanlah kontrol proporsional ini, dimana sistem dapat mengatasi dengan modulasi output ke perangkat pengendali. Kebanyakan dari aplikasi penggunaan kontrol proporsional adalah pada pengaturan kecepatan motor seperti pada mobil, motor DC, dan lain-lain.

2.10.1 Teorema Kontrol Proporsional

Dalam algoritma kontrol proporsional output sebanding dengan sinyal error, yang merupakan selisih antara set point dengan variabel proses. Dengan kata lain output dari controller proporsional adalah hasil perkalian dari sinyal error dan penguatan proporsional. Adapun rumusnya adalah:

$$u(t) = Kp \cdot e(t) \quad (2.7)$$

Pada rumus diatas $e(t)$ menunjukkan sinyal error yang merupakan input controller, dan $u(t)$ adalah output controller. Adapun bentuk rumus apabila dalam transformasi *laplace* adalah:

$$u(s) = Kp \cdot e(s) \quad (2.8)$$

Dimana Kp adalah konstanta proporsional sehingga fungsi alih controller proporsional adalah:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = Kp \quad (2.9)$$

Adapun mekanisme sebenarnya dan apapun bentuk gaya operasinya, kontroler proporsional pada dasarnya merupakan suatu penguat dengan penguatan yang dapat diatur. Blok diagram kontroler proporsional adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 23 Diagram blok kontroler proporsional [18]

2.10.2 Teorema Kontrol Integral

Pada kontrol integral terdapat sinyal eror $e(t)$ merupakan input controller, konstanta integral, dan output controller adalah sinyal kontrol $u(t)$. Perbedaan kontrol integral dengan proporsional adalah pada sinyal erornya, pada kontrol integral untuk mendapatkan sinyal eror dibutuhkan eror sekarang dan eror sebelumnya, kemudian eror dijumlahkan maka didapatkan $e(t)$. Adapun rumusnya adalah:

$$u(t) = K_i \int_{t_0}^t e(t) dt \quad (2. 10)$$

Atau dalam besaran transformasi *Laplace*

$$U(s) = \frac{K_i}{s} E(s) \quad (2. 11)$$

Dimana K_i adalah konstanta yang dapat diubah-ubah, sehingga fungsi alih kontrol integral adalah:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s} \quad (2. 12)$$

Adapun diagram blok kontroler integral adalah:



Gambar 2. 24 Diagram blok kontroler integral [18]

2.10.3 Teorema Kontrol Proporsional Integral

Teorema kontrol proporsional integral adalah gabungan dari kontrol proporsional ditambah integral. Adapun hubungan antara kedua kontrol tersebut adalah:

$$u(t) = Kp \cdot \{e(t) + Ki \int_{t_0}^t e(t)\} \int_{t_0}^t e(t) dt \quad (2.13)$$

Dimana

$$Ki = \frac{1}{\tau_i} \quad (2.14)$$

Atau dalam besaran transformasi *Laplace*

$$u(t) = Kp \cdot \left(1 + \frac{1}{\tau_i s}\right) E(s) \quad (2.15)$$

Dimana Kp adalah penguatan proporsional dan τ_i adalah waktu integral, dan parameter Kp dan τ_i keduanya dapat ditentukan. Sehingga fungsi alih kontrol proporsional integral adalah

$$\frac{U(s)}{E(s)} = Kp \left\{1 + \frac{1}{\tau_i s}\right\} \quad (2.16)$$

Adapun diagram blok kontroler integral adalah:

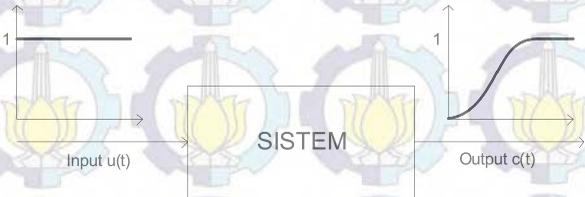
$$E(s) \longrightarrow Kp\{1+(1/\tau_i s)\} \longrightarrow U(s)$$

Gambar 2.25 Diagram blok kontroler proporsional integral [18]

2.10.4 Metode Tuning Kontrol Proporsional Integral

Parameter kontrol PID (Proporsional Integral Derivatif) yang tidak dipilih dengan benar menyebabkan sistem menjadi tidak stabil, output menyimpang atau terjadi osilasi. Metode tuning kontrol adalah pengaturan parameter kontrol pada nilai yang optimal untuk mendapatkan respon kontrol yang diinginkan disesuaikan dengan aplikasi.

Salah satu metode untuk memudahkan tuning adalah metode *Ziegler-Nichols* yang diperkenalkan oleh John G. Ziegler dan Nathaniel B. Nichols. Metode ini yang pertama-tama dilakukan adalah memberikan input step pada sistem dengan kondisi *open loop*. Apabila plant minimal tidak mengandung unsur integrator ataupun komponen-komponen yang kompleks, maka reaksi sistem akan berbentuk S. adapun gambarnya adalah:



Gambar 2. 26 Metode Tuning Ziegler-Nichols



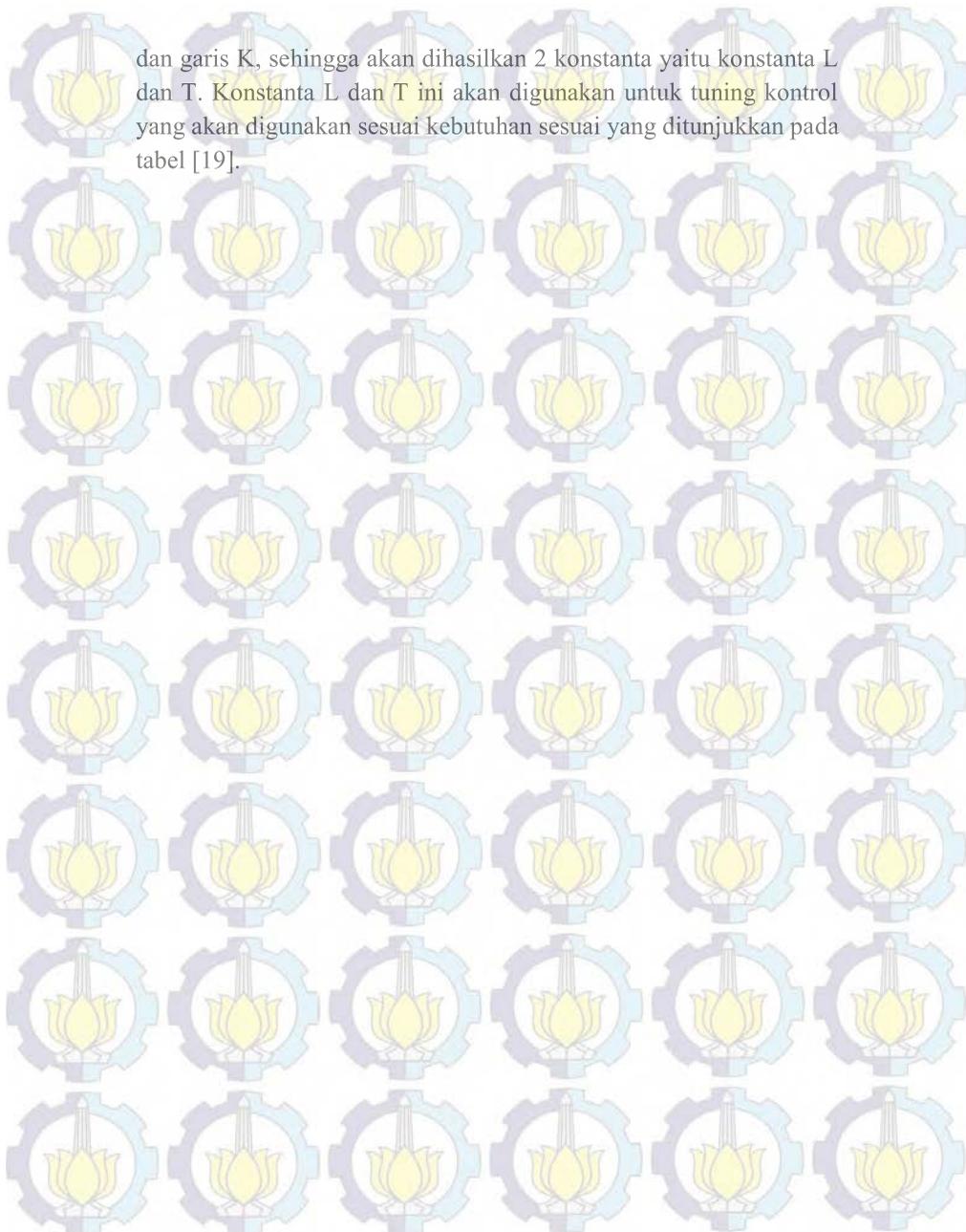
Gambar 2. 27 Reaksi sistem open loop ketika diberi input step

Tabel 2. 7 Tabel tuning PID metode Ziegler-Nichols

Tipe Kontrol	K_p	K_i	K_d
P	T/L	\sim	-
PI	$0.9T/L$	$L/0.3$	-
PID	$1.2T/L$	$2L$	$0.5L$

Setelah mendapatkan kurva reaksi berbentuk S, langkah selanjutnya adalah mencari gradien terbesar pada titik sepanjang kurva S, kemudian disebut titik infleksi sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.27. Dari titik infleksi tersebut ditarik garis yang menyinggung banyak titik pada kurva S serta memotong sumbu X

dan garis K, sehingga akan dihasilkan 2 konstanta yaitu konstanta L dan T. Konstanta L dan T ini akan digunakan untuk tuning kontrol yang akan digunakan sesuai kebutuhan sesuai yang ditunjukkan pada tabel [19].

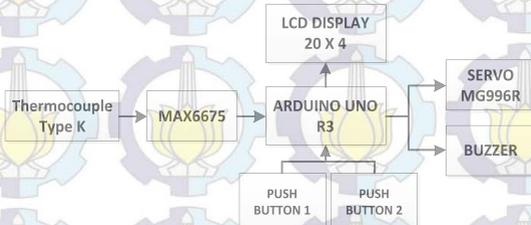


BAB III PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem kompor yang sudah terprogram suhunya terdiri dari beberapa bagian, yakni perancangan mekanik, perancangan elektrik, perancangan perangkat lunak, perancangan *user interface*, dan perancangan sistem keamanan atau *emergency*-nya. Dalam perancangan semua sistem saling terkait antara satu dengan yang lainnya. Secara garis besar sistem ini memandu orang yang memasak melalui tampilan LCD dan suhu sudah terkontrol sesuai resepnya melalui servo.

3.1 Diagram Blok Sistem

Untuk membuat sistem kompor dengan suhu terprogram ini membutuhkan kompor, gas LPG, panci teflon, sensor suhu termokopel, modul kompensasi termokopel MAX6675, servo, pemantik kompor, LCD display 20x4, buzzer, *pushbutton*, dan Arduino Uno.



Gambar 3.1 Diagram blok sistem

Melalui pembacaan sensor suhu termokopel tipe K, suhu ditampilkan pada LCD *display*, selain hanya ditampilkan suhu nanti juga dikontrol melalui bukaan katup gas yang terhubung dengan servo. Sehingga pada servo nanti mempunyai posisi derajat minimal dan maksimal untuk mengatur berapa besar nyala api. Data ADC dari termokopel bisa langsung dibaca dalam bentuk keluaran suhu pada Arduino karena ada modul kompensasi MAX6675 yang merubah

data analog termokopel menjadi keluaran digital sehingga bisa langsung dibaca Arduino dan tidak perlu lagi mengkonversinya.

Setelah mengetahui suhu aktualnya, pertama-pertama memasak secara manual memakai kompor yang sudah dimodifikasi tersebut, dicatat dan diperoleh suhu dan waktu yang diperlukan untuk memasak satu resep masakan. Misal untuk memasak telur, berapa suhu panci yang diperlukan untuk memasukkan telur, waktu dan suhu yang diperlukan untuk membuat putih telurnya memutih, waktu yang diperlukan untuk membalik telur, dan waktu dan suhu yang diperlukan sampai telur matang. Sehingga dari data tersebut diperoleh total waktu dan rentang suhu kerja untuk memasak telur. Data tersebut nantinya akan dimasukkan ke sistem.

Fungsi utama lainnya adalah tampilan pada LCD *display* sebagai panduan memasak melalui perintah-perintah yang harus dilakukan tiap resepnya, sebagai monitor suhu, dan juga sebagai tampilan waktu tiap langkah. Selain itu ada 2 *pushbutton* yang digunakan untuk mengoperasikan LCD, ada tombol 'OK' yang berfungsi untuk memilih resep dan juga berfungsi untuk menyalakan dan mematikan kompor. Tombol satunya berfungsi sebagai 'NEXT' *button*. Tombol inilah yang berfungsi untuk menavigasi LCD menuju resep yang akan kita masak.

Dalam sistem Arduinonya terdapat fungsi kontrol berdasarkan input data dari termokopel, Arduino akan mengontrol servo yang bertugas mengatur besar nyala api, dan juga untuk menyalakan buzzer yang berfungsi sebagai pengingat atau peringatan pada sistem. Arduino juga membuat *timer* yang ditampilkan melalui LCD. Karena sistem ini menggunakan gas LPG yang mudah terbakar sehingga diperlukan pengaman apabila terjadi sesuatu, maka dari itu dalam sistem terdapat tombol RESET atau *emergency button* sehingga apabila terjadi suatu hal yang tidak diinginkan dengan memencet tombol reset, api bisa langsung mati dan sistem kembali ke kondisi awal.

3.2 Perancangan Perangkat Keras

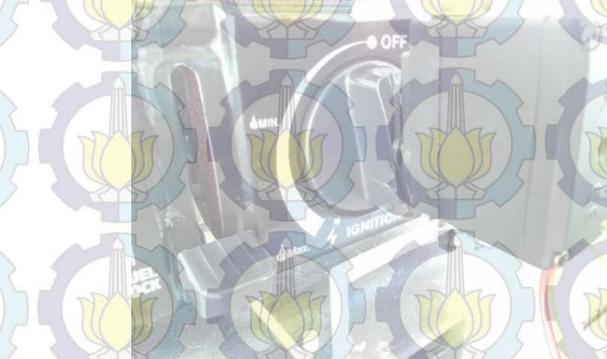
Pada perancangan kompor terprogram, komponen yang dibutuhkan pada tugas akhir ini adalah kompor portable merek Winn gas, panci teflon 22 cm merek Rinnai, gas tabung butana merek Winn gas. Dan komponen ataupun rangkaian elektronik penunjang agar membuat kompor menjadi otomatis adalah termokopel, MAX6675,

Arduino, *pushbutton*, LCD *display* 20x4, buzzer, dan servo seperti halnya yang dijelaskan di subbab sebelumnya. Adapun perancangan perangkat kerasnya adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Penempatan termokopel pada panci teflon

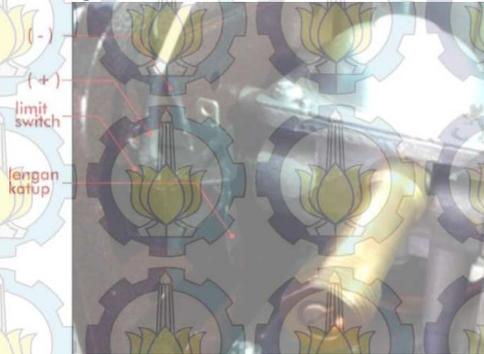
Termokopel ditempelkan menggunakan perekat tambal panci pada sisi luar teflon sehingga bisa mewakili suhu yang ada di teflon. Termokopel diletakkan di luar panci agar tidak mengganggu masakan dan juga tidak mengotori masakan. Agar kabel termokopel tidak mengganggu pemasak dan melekat kuat pada teflon, sebagian kabel termokopel diikatkan pada lengan teflon menggunakan kabel *ties*.



Gambar 3. 3 Instalasi servo pada katup kompor

Posisi servo diletakkan tegak lurus dengan katup kompor karena derajat putar katup 160 derajat dan spesifikasi servo adalah 180

derajat. Dalam pemasangan posisi katup 0 derajat ditempelkan dengan posisi servo 0 derajat menggunakan lengan servo yang dibaut pada katup. Agar posisi servo tidak berubah dan tetap mempertahankan posisinya, tempat baut bagian bawah servo dihubungkan dengan akrilik tebal 5mm berbentuk L dikaitkan dengan bagian bawah kompor.

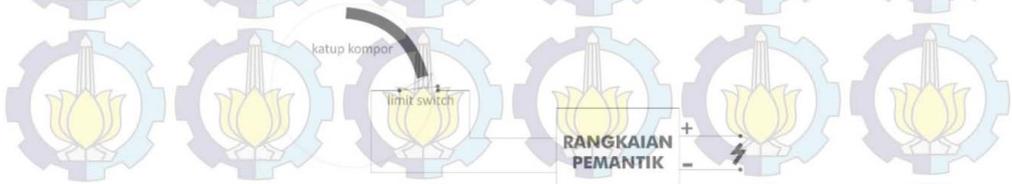


Gambar 3. 4 Instalasi pemantik kompor

Model kompor Winn gas yang digunakan memiliki pemantik tumbuk, sehingga gambar 3.4 adalah modifikasi dari pemantik tumbuk yang biasa dipakai pada kompor tersebut. Pemantik diganti karena pemantik tumbuk untuk menyalakannya sangat keras dan membutuhkan gaya yang cukup besar untuk menyalakannya, apabila kompor dinyalakan secara manual atau menggunakan tangan hal ini tidak menjadi masalah, namun lain cerita apabila yang menekan pemantik adalah servo, dibutuhkan servo dengan torsi yang cukup besar dan perancangan lengan pancang badan servo yang kuat agar servo tidak goyah saat menekan pemantik. Pada awalnya penulis menggunakan pemantik tumbuk untuk menyalakan kompor, namun seiring percobaan yang berulang-ulang membuat struktur mekanik lengan pancang badan servo melemah sehingga servo tidak mampu lagi untuk menyalakan pemantik, maka dari itu pemantik diganti menggunakan pemantik listrik yang memakai baterai AA 1,5 Volt sebagai catu dayanya. Untuk menyalakannya digunakan limit switch sebagai saklar yang diletakkan sedemikian rupa dengan lengan katup sehingga akan menyalakan ketika katup diputar maksimal. Desain mekanik seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 3.5 Rangkaian *limit switch* terbuka



Gambar 3.6 Rangkaian *limit switch* tertutup

Pada gambar 3.6 terlihat apabila *limit switch* ditekan maka pemantik akan mengeluarkan percikan api yang digunakan untuk menyulut gas. Sedangkan penempatan tempat percikan apinya dekat dengan tungku tempat keluarnya gas, seperti pada gambar di bawah ini:

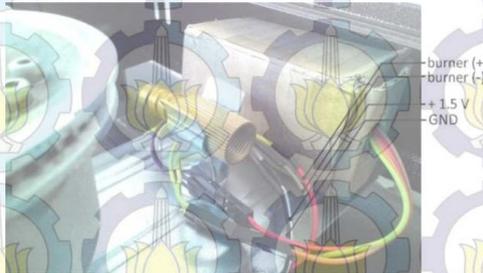


Gambar 3.7 Instalasi *burner* pada tungku kompor

Seperti yang terlihat pada gambar 3.7, dalam pembuatan burner sedikit berbeda dengan burner pemantik tumbuk. Kalau pemantik tumbuk hanya membutuhkan satu ujung burner sedangkan pemantik listrik membutuhkan dua ujung burner, satu ujung sebagai *ground* dan

satu ujung sebagai kutub positif. Dalam pemasangannya ujung *burner* GND ditempelkan dengan badan tungku sedemikian rupa sehingga ujung GND selalu menempel pada badan tungku yang terbuat dari logam. Sedangkan ujung *burner* positif diletakkan sedemikian rupa sehingga berdekatan dengan badan tungku. Jarak antara kutub positif dengan badan tungku tidak bisa sembarangan, kalau terlalu jauh maka tidak akan terjadi percikan api, begitu juga sebaliknya, apabila terlalu dekat percikan api juga tidak terjadi, setelah dilakukan beberapa percobaan jarak kutub positif dengan kutub GND antara 3-5 mm. pada jarak tersebut apabila *limit switch* ditekan maka akan timbul percikan api yang nantinya dapat menyalakan api apabila katub gas terbuka.

Adapun peletakan dan instalasi rangkaian pemantik listriknya seperti gambar di bawah ini:



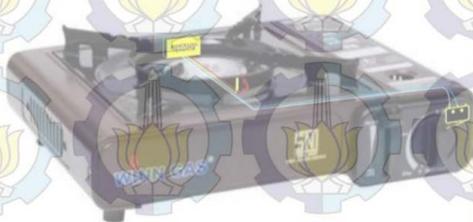
Gambar 3. 8 Kotak rangkaian pemantik listrik

Dalam instalasi rangkaian pemantik dibuatkan kotak agar lebih aman dan lebih rapi, kotak ditempatkan agak jauh dari tungku agar tidak terbakar saat kompor menyala. Dalam kotak rangkaian terdapat rangkaian pemantik listrik dan baterai 1,5 Volt, dibuatkan 4 kabel lebih mudah dibongkar pasang. Seperti yang terlihat pada gambar 3.8 ada dua kabel *power* yang dihubungkan dengan *limit switch*, sedangkan kabel lainnya yakni *burner* (-) dan *burner* (+) dihubungkan dengan ujung-ujung *burner* yang dekat dengan tungku. Adapun tampilan rangkaian apabila kotak dibuka adalah:



Gambar 3. 9 PCB pemantik dan baterai

PCB didapatkan dari pemantik listrik eksternal kemudian dimodifikasi sedemikian rupa sehingga bisa digunakan sebagai pemantik listrik kompor. Adapun desain instalasi pemantik kompor secara keseluruhan seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 3. 10 Desain pemantik modifikasi

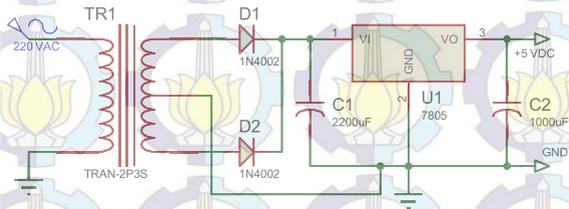
3.3 Perancangan Elektrik Kompor

Perangkat elektrik adalah perangkat yang memiliki peranan penting dalam tugas akhir ini. Perangkat elektrik meliputi rangkaian catu daya, rangkaian sensor, minimum sistem dan servo kontroler. Catu daya adalah perangkat elektronika yang digunakan untuk

memberikan tegangan pada mikrokontroler dan servo controller. Catu daya yang digunakan pada kompor ada dua, yaitu:

1. Catu daya untuk mikrokontroler Arduino
2. Catu daya untuk motor servo

Catu daya untuk mikrokontroler Arduino dan untuk motor servo sebenarnya memiliki spesifikasi yang sama, tapi tidak boleh hanya menggunakan satu catu daya, artinya satu catu daya diparalel untuk sumber Arduino dan motor servo. Jadi harus dibedakan sehingga ditentukan untuk Arduino diberi catu daya 5 Volt DC dengan arus 1 Ampere, sedangkan motor servo juga memiliki spesifikasi catu daya yang sama yakni 5 Volt DC dengan arus 1 Ampere. Catu daya menggunakan sistem switching dimana modul jadi bisa didapatkan banyak di pasaran, yakni bisa memakai *charger* hp. Adapun rangkaian catu dayanya adalah:

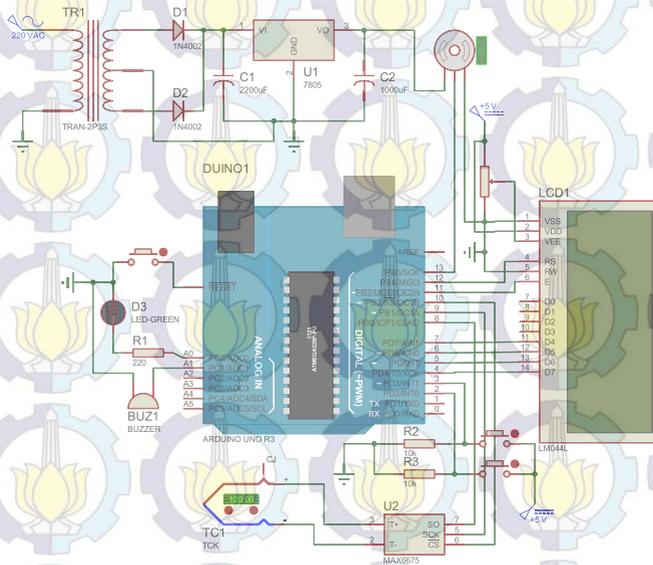


Gambar 3. 11 Rangkaian catu daya 5 VDC

Pada rangkaian gambar 3.11 menghasilkan output tegangan 5 VDC dengan arus maksimal 1 A dimana rangkaian memiliki keluaran yang stabil karena menggunakan penstabil rangkaian IC regulator 7805. 7805 merupakan IC regulator catu daya yang umum digunakan menghasilkan tegangan 5 VDC dengan arus maksimal 1 Ampere. Rangkaian catu daya menggunakan komponen diantaranya kapasitor Elco 2200 uF/16 V dan 1100 uF/16 V, dua dioda 1N 4002, IC regulator 7805, dan trafo *stepdown* 220 V/12 V 1 A CT. Fungsi dioda pada 1N4004 pada rangkaian digunakan untuk mengamankan sistem ketika catudaya terbalik. Fungsi dari 7809 juga digunakan untuk mengurangi disipasi daya.

3.3.1 Rangkaian Mikrokontroler Arduino

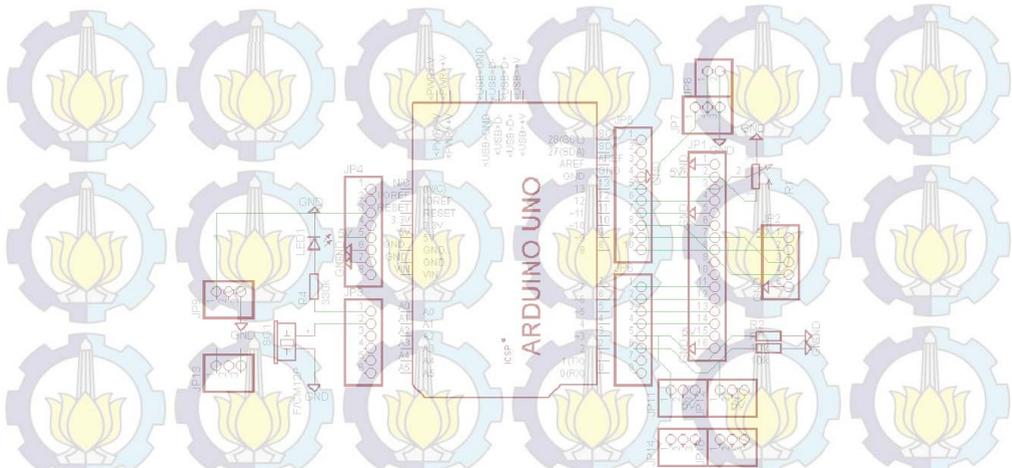
Dalam pembuatan sistem semua komponen diintegrasikan menggunakan mikrokontroler Arduino yang berfungsi sebagai otak utama sistem, dimana fungsi Arduino sebagai penerima data analog dari MAX6675 dan data digital dari 2 *pushbutton* navigasi, dan 1 *pushbutton* reset. Sedangkan Arduino sebagai *output* akan mengirimkan sinyal data paralel pada LCD *display* 20x4, mengirimkan data posisi servo ke pin data servo, dan logika “HIGH” dan “LOW” pada buzzer, dan LED. Selain itu juga ada tombol RESET yang aktif “LOW” sebagai tombol keamanan sistem. Adapun rangkaian keseluruhan dari sistem kompor dengan suhu terprogram adalah:



Gambar 3. 12 Rangkaian Mikrokontroler Arduino

3.3.2 Rangkaian Arduino Shield

Untuk membuat rangkaian menjadi sederhana dan mudah dibongkar pasang, dibuat rangkaian Arduino *shield*. Adapun rangkaianannya adalah:



Gambar 3. 13 Rangkaian Arduino Shield

Sedangkan tampilan *pcb* setelah jadi adalah:



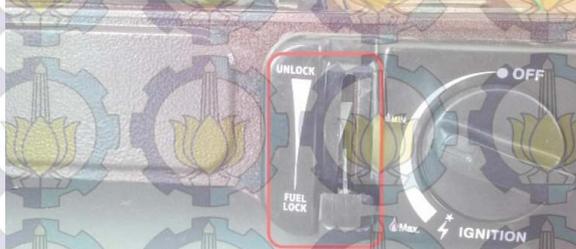
Gambar 3. 14 Tampilan *PCB* rangkaian elektronik

Pada gambar 3.14 Arduino Uno terletak pada bagian bawah *PCB board*.

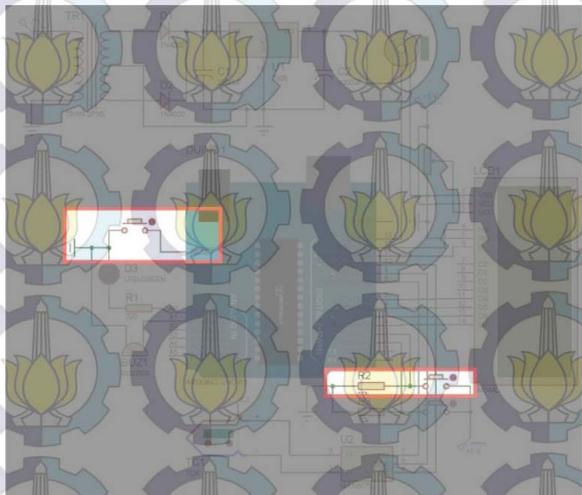
3.4 Perancangan Sistem Keamanan Kompor

Pada sistem kompor terprogram ini dengan sistem nyala kompor yang otomatis tentu saja menimbulkan kekhawatiran apabila terjadi kesalahan sistem. Maka dari itu dibuat sistem keamanan kompor dimana apabila sistem ini diaktifkan kompor langsung mati dan program kembali ke kondisi semula. Sistem keamanan ada dua level, yang pertama adalah tombol 'OK' yang berfungsi menyalakan dan

mematikan kompor, dilain sisi fungsi tombol ini juga untuk memilih resep masakan. Jadi tombol 'OK' ini memiliki 3 kondisi, yakni OK BUTTON, menyalakan kompor, dan mematikan kompor. Tombol ini akan selalu berfungsi pada fungsi program manapun, baik ketika sedang memilih resep atau ketika sedang menjalankan langkah-langkah yang ada pada resep. level keamanan yang kedua adalah dengan memaksakan sistem kembali ke kondisi semula, caranya dengan memanfaatkan pin RESET Arduino dengan menyambungkannya dengan *ground*, dan juga dengan menambahkan *pushbutton* yang berfungsi sebagai saklar pin RESET. Sehingga dengan adanya sistem pengamanan ini diharapkan tidak ada kejadian yang tidak diinginkan misalnya kompor meledak ataupun gas bocor dikarenakan sistem program yang eror. Selain itu sistem pengaman juga terdapat pada bagian mekanik kompor, pada sebelah kiri katup kompor terdapat pengunci tabung gas. Jadi apabila kompor sedang tidak digunakan pengunci bisa dibuka dan tentu saja gas tidak akan bocor karena tidak ada gas yang mengalir pada selang tungku. Adapun gambar sistem pengaman kompor adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 15 Pengunci gas tabung

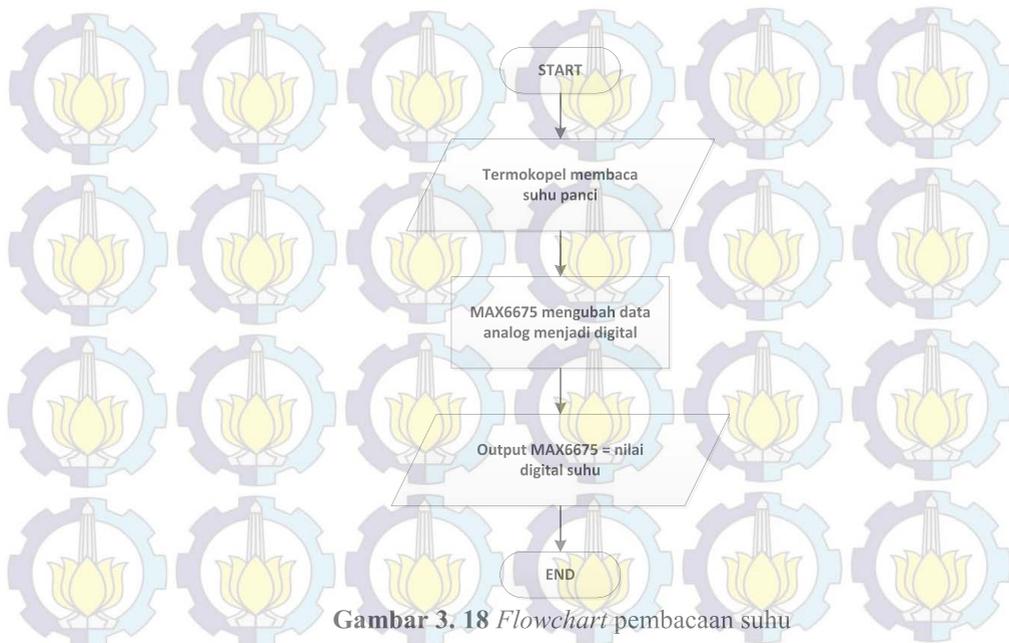


Gambar 3. 16 Rangkaian pengaman sistem

3.5 Perencanaan Software pada Sistem

Perangkat lunak yang dipakai untuk mikrokontroler Arduino adalah *software* Arduino seri 1.0.6. sebuah perangkat lunak gratis yang dirancang khusus untuk pemrograman mikrokontroler Arduino, dan bahasa yang digunakan adalah bahasa C. Adapun tampilan *software* Arduino adalah:

```
icbutton7 | Arduino 1.0.6
File Edit Sketch Tools Help
New
icbutton7
1 #include <LiquidCrystal.h>
2 #include <max6675.h>
3 #include <Wire.h>
4 #include <Servo.h>
5
6 //----- prosedur yang reset millis-----//
7 extern volatile unsigned long timer0_millis;
8 unsigned long new_value = 0;
9
10 LiquidCrystal lcd(12, 11, 7, 6, 5, 4); //RS(4), E(6), D4(7);
11 Servo myservo; // create servo object to control a servo
12 int pos = 0; // variable to store the servo position
13 int pos1;
14 int pos2;
15 int error;
16 const int next = 2; //pin pushbutton next
17 const int back = 3; //pin pushbutton back
18 //----- inisialisasi thermocouple MAX6675-----//
19 int thermoD0 = 8;
20 int thermoD1 = 9;
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
2552
2553
2554
2555
2556
2557
2558
2559
2560
2561
2562
2563
2564
2565
2566
2567
2568
2569
2570
2571
2572
2573
2574
2575
2576
2577
2578
2579
2580
2581
2582
2583
2584
2585
2586
2587
2588
2589
2590
2591
2592
2593
2594
2595
2596
2597
2598
2599
2600
2601
2602
2603
2604
2605
2606
2607
2608
2609
2610
2611
2612
2613
2614
2615
2616
2617
2618
2619
2620
2621
2622
2623
2624
2625
```

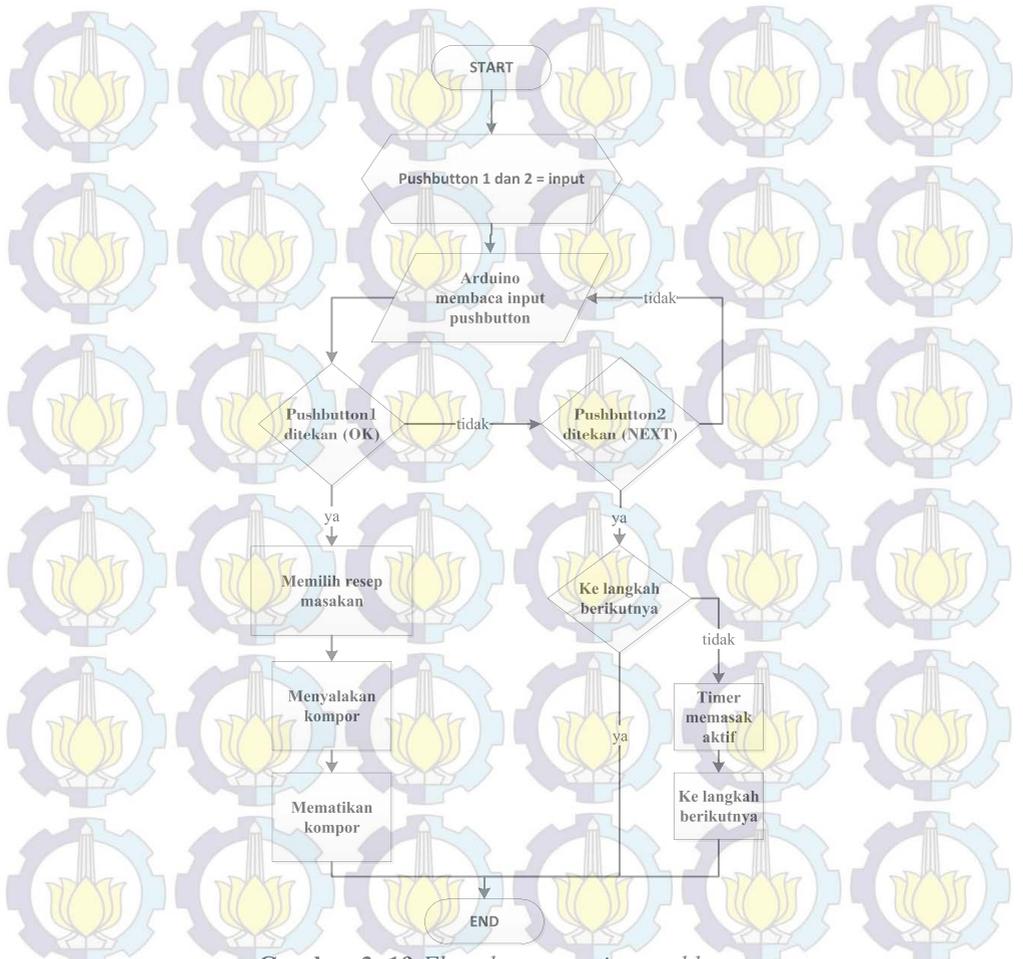


Gambar 3. 18 Flowchart pembacaan suhu

Termokopel yang ditempelkan pada panci teflon akan mengalami perubahan tegangan ketika suhunya berubah, kemudian nilai analog dari termokopel tipe K akan diubah menjadi nilai digital oleh modul MAX6675, output dari MAX6675 akan masuk pada pin digital Arduino.

3.5.2 Proses Scanning Pushbutton

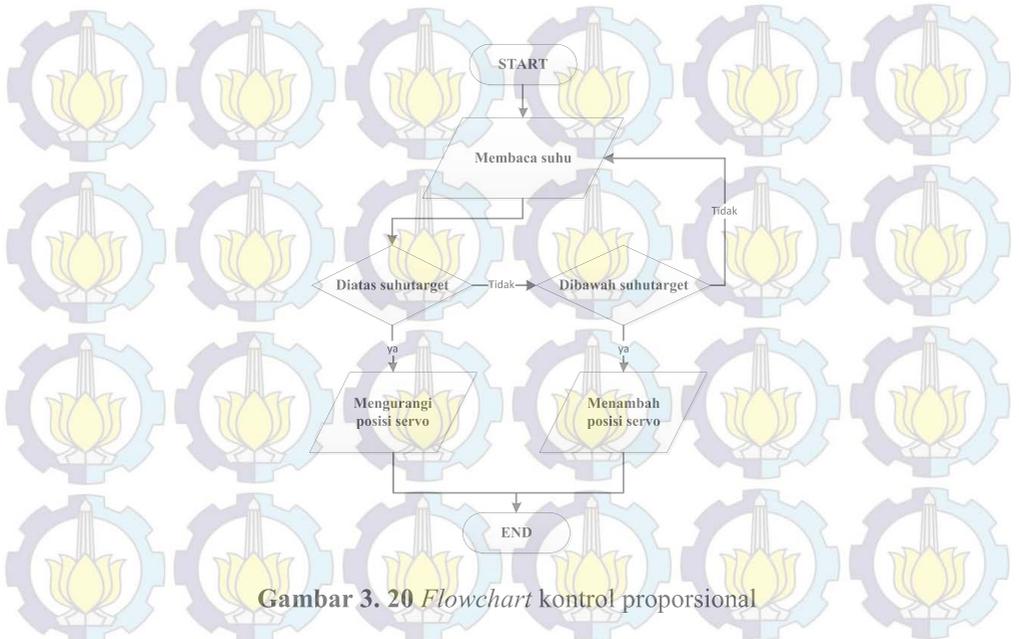
Pushbutton yang digunakan ada dua, satu *pushbutton* sebagai ‘OK’ *button* dimana memiliki 3 kondisi, yakni untuk memilih resep masakan, menyalakan kompor, dan mematikan kompor. Sedangkan *pushbutton* satunya sebagai ‘NEXT’ *button* dimana memiliki 2 kondisi, yakni sebagai tombol untuk melanjutkan ke langkah berikutnya dan untuk memulai *timer* pada langkah-langkah memasak. Kedua tombol ini digunakan untuk menavigasi pemasak dalam menjalankan alatnya. Adapun *flowchart*nya adalah:



Gambar 3. 19 Flowchart scanning pushbutton

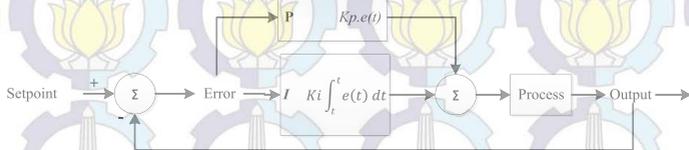
3.5.3 Sistem Kontrol Proporsional Integral

Pada tugas akhir ini sistem yang digunakan adalah kontrol proporsional-integral. Kontrol diperlukan untuk mengatur perubahan posisi servo atau mengatur besar nyala api sehingga didapatkan suhu yang diharapkan.



Gambar 3. 20 Flowchart kontrol proporsional

Adapun diagram blok sistem kontrol proporsional integral apabila dimasukkan dalam *plan* adalah:



Gambar 3. 21 Kontrol Proporsional Integral pada pada plant

Pada gambar 3.21 ditentukan *setpoint* berupa suhu yang diinginkan kemudian didapatkan eror melalui selisih *setpoint* dengan suhu yang terbaca. Kemudian eror yang didapatkan dikalikan dengan nilai K_p dan K_i , setelah didapatkan nilai proporsional dan integralnya, kedua nilai dijumlahkan untuk dimasukkan ke dalam proses atau *plant*.

BAB IV PENGUKURAN DAN ANALISIS SISTEM

Pengujian kompor dengan suhu terprogram terdiri dari beberapa pengujian, diantaranya pengujian mekanik, pengujian pengujian perangkat elektrik, pengujian program, pengujian memasak, dan evaluasi sistem. Sebelum dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan perlu dilakukan pengujian masing-masing komponen untuk mengetahui apakah komponen berfungsi atau tidak.

4.1 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan untuk mengetahui setiap komponen dapat berfungsi dengan baik. Berikut adalah pengujian beberapa bagian kompor.

4.3.1 Pengujian Sensor Termokopel

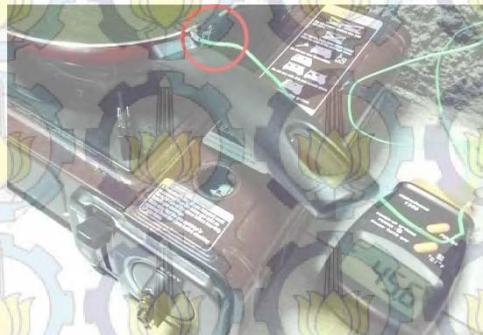
Sebelum termokopel diaplikasikan pada sistem, termokopel perlu diuji dan dikalibrasi dengan termometer. Pengujiannya disini menggunakan termometer digital dimana termometer juga menggunakan sensor termokopel. Adapun tampilan termometer digital yang digunakan adalah:



Gambar 4. 1 Termometer digital merek "apuhua 1300"

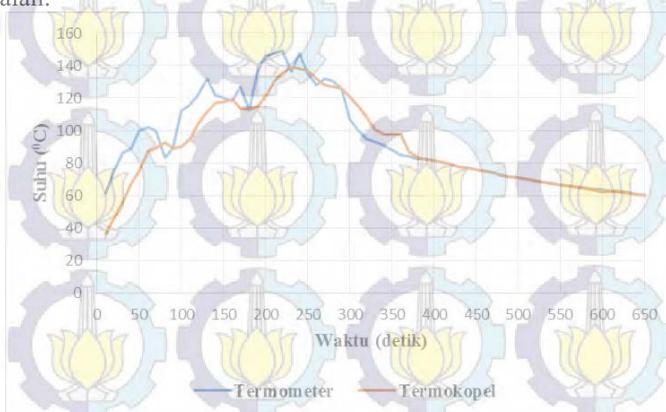
Sedangkan metode pengukuran suhunya adalah dengan meletakkan ujung batang ukur termometer ditempelkan dengan termokopel, sehingga diharapkan suhu yang terukur pada termometer

sama dengan ujung termokopel. Adapun gambarannya pengukurannya adalah:



Gambar 4. 2 Metode kalibrasi suhu

Adapun hasil yang diperoleh setelah melakukan kalibrasi suhu adalah:



Gambar 4. 3 Kalibrasi suhu termometer dengan termokopel

Pada pengujian digunakan 350ml air kemudian api dinyalakan selama 300 detik kemudian api dimatikan. Pada awal pengukuran terlihat sudah ada perbedaan pengukuran dengan selisih sebesar 25 – 30 °C. Perbedaan pengukuran terus mengecil seiring dengan perubahan naiknya suhu sampai mencapai titik yang mempunyai pengukuran suhu yang sama, yakni +/- 140 °C, titik saturasi suhu ada pada suhu tersebut karena media yang dimasak adalah air sehingga panas dari

kompor merambat ke air yang mendidih, Kemudian suhu mulai turun mengalami perbedaan pengukuran juga pada rentang suhu 125 – 85 °C +/- sebesar 10 °C. Pada suhu di bawah 85 °C sampai dengan akhir pengukuran atau 60 °C pengukuran menunjukkan hasil yang sama dan hanya terjadi selisih suhu maksimal 0,5 °C.

4.3.2 Pengujian *PCB Board*

Pengujian *pcb board* dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat tanggapan sistem terhadap input diluar sistem, pengujian juga dilakukan untuk mengetahui daya tahan *pcb* apabila dipakai berulang kali. Adapun tampilan *pcb* yang akan diuji adalah:



Gambar 4. 4 Tampilan utama *PCB board*

Gambar 4.4 adalah tampilan utama ketika program dinyalakan, pada baris 1 sampai 3 menampilkan karakter yang nantinya juga untuk menampilkan pilihan resep masakan dan langkah-langkah memasak. Sedangkan pada baris ke 4 adalah tampilan suhu yang terukur pada panci teflon.

Pada pengujiannya ini ada beberapa komponen yang perlu diuji coba, diantaranya:

1. Potensiometer sebagai pengaturan kontras *LCD display*, pada pengujian ketika potensiometer diputar ke kiri tampilan *LCD* akan menghilang dan dot piksel tiap matriks memudar. Begitu juga sebaliknya apabila diputar ke kanan dot piksel akan semakin jelas dan menyatu dengan karakter yang ditampilkan.
2. Tombol 'OK', seperti yang disebabkan pada bab sebelumnya, tombol 'OK' memiliki tiga kondisi, yakni memilih resep masakan, menyalakan, dan mematikan kompor. Pada pengujian ketika masuk pada tampilan pilihan resep masakan, ketika tombol

‘OK’ ditekan program akan langsung masuk pada fungsi resep masakan, ketika ditekan lagi untuk kedua kalinya kompor menyala, dan ketika ditekan lagi kompor mati. Tida kondisi ini dapat diaktifkan di tampilan LCD bagian manapun juga, pada pengujian pada tampilan utama LCD ketika tombol ditekan sekali tidak ada perubahan yang terjadi pada tampilan LCD, ketika ditekan yang kedua kalinya kompor menyala, dan ketika ditekan yang ketiga kalinya kompor mati.

3. Tombol ‘NEXT’, tombol ini berfungsi untuk menampilkan perintah atau tampilan selanjutnya pada LCD, pada pengujian ketika LCD mode *home screen* setelah tombol ‘NEXT’, LCD berubah menjadi tampilan pilihan resep masakan seperti halnya yang ada pada program.
4. Pengujian pin *header* pada *pcb*, pada *pcb* ada tiga jenis pin, yakni pin MAX6675, pin catu daya servo, dan pin servo. Pada pengujian pin MAX6675, ketika pin tidak disambungkan tampilan suhu pada LCD 0.00, “nan”, dan juga terkadang menampilkan angka ribuan atau pada kondisi ini bisa dikatakan eror. Setelah pin disambungkan suhu pada termokopel langsung langsung terbaca pada LCD. Pin selanjutnya adalah pin batu daya servo, apabila pin ini tidak disambungkan dengan sumber 5 Volt 1 A, maka walaupun servo sudah disambungkan maka servo tidak akan bergerak karena tidak mendapatkan catu daya, sedangkan pin servo adalah pin yang harus disambungkan pada 3 pin kabel servo.
5. Pengujian selanjutnya adalah pengujian Arduino pin *shield* dan LCD pin *shield*, arsitektur *pcb* disini didesain agar mudah dibongkar pasang dan praktis. Pada pengujian *shield* Arduino dicopot dan dipasang apakah pin *shield* dapat terhubung dengan baik atau tidak. Pengujian yang sama juga dilakukan pada pin *shield* LCD *display* 20x4.

4.3.3 Pengujian Motor Servo

Pada pengujian motor servo disini tidak hanya menguji aakah servo berfungsi atau tidak, tapi juga apakah servo dapat menggerakkan katup atau tidak. Servo yang sudah dipasang tegak lurus dengan katup kompor kemudian diberi catu daya dan diuji apakah servo bisa berfungsi atau tidak. Dengan memanfaatkan bahasa C Arduino yang dengan mudah dapat mengontrol servo hanya dengan

mengontrol memasukkan nilai derajat posisi yang diinginkan. Misalnya:

myservo.write (90);

Pada kodingan tersebut servo Arduino memerintahkan servo untuk bergerak menuju posisi 90°, karena katup melekat kuat pada lengan servo maka katup juga ikut bergerak sesuai posisi servo yakni 90°.

Setelah dilakukan pengujian kontrol katup menggunakan servo, pada instalasi sebenarnya posisi servo tidak sama dengan posisi katup. Pada posisi katup 0° posisi servo diatur 40° sehingga pada inialisasi *software* Arduino posisi servo dibuat 40°, hal ini dikarenakan apabila posisi servo dibuat 0° maka katup akan bergerak lebih ke kiri atau kurang dari 0° dan tentu saja hal itu tidak mungkin, apabila dipaksakan maka dapat merusak servo karena mendapatkan beban tak hingga.

4.3.4 Pengujian Nyala Kompor

Ada beberapa tahapan dalam pengujian nyala kompor, tahapan pengujian nyala kompor adalah sebagai berikut:

1. Pengujian nyala kompor secara manual menggunakan tangan, hal ini dilakukan untuk memastikan kompor dapat menyala tanpa masalah apabila dinyalakan secara manual. Pada tahap ini pemantik masih menggunakan pemantik tumbuk, pemantik bawaan dari kompor.
2. Pengujian selanjutnya adalah pengujian nyala kompor menggunakan servo, pada tahap ini katup direkatkan dengan lengan servo agar katup bergerak sesuai posisi servo, namun pada tahap ini penahan servo belum dibuat dan penahan menggunakan tangan, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah torsi mampu menekan pemantik tumbuk atau tidak, penahan menggunakan tangan agar tidak ada faktor mekanik lain yang mempengaruhi torsi servo. Pada saat pengujian kompor dapat menyala dan torsi servo mampu untuk menekan pemantik tumbuk.
3. Setelah mengetahui bahwa torsi servo mampu untuk menekan pemantik, dibuatlah penahan servo yang terbuat dari akrilik tebal 5 mm yang dikaitkan dengan badan kompor. Setelah diuji beberapa kali ternyata pemantik tidak selalu menyala. Adapun tabel percobaannya adalah:

Tabel 4. 1 Tabel pengujian nyala kompor memakai pemantik tumbuk

Uji ke	Kondisi
1	Mati
2	Mati
3	Nyala
4	Mati
5	Mati
6	Mati
7	Mati
8	Nyala
9	Mati
10	Mati

Dari tabel pengujian 4.1 kompor tidak selalu menyala sehingga masalah ini merupakan masalah utama karena sistem dibuat kompor menyala secara otomatis. Maka dari itu dicarilah solusi lain dalam menyalakan kompor sehingga kompor dapat dinyalakan oleh servo dengan mudah.

4.3.5 Pengujian Mekanik Pemantik Kompor

Pada subbab sebelumnya dijelaskan bahwa terjadi masalah dalam sistem mekanik pemantik kompor, sehingga pemantik kompor dimodifikasi. Kali ini pemantik tumbuk sudah tidak dipakai lagi, digantikan dengan pemantik listrik yang menggunakan sumber baterai 1,5 Volt, untuk menyalakannya menggunakan *limit switch* yang berfungsi sebagai saklar diletakkan ditempat pemantik tumbuk berada. Pada pengujian ini kompor dapat menyala dengan mudah karena servo tidak membutuhkan gaya yang besar untuk menekan *limit switch*. Adapun tabel percobaan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Tabel uji nyala kompor memakai pemantik listrik

Uji ke	Kondisi	Uji ke	Kondisi
1	Mati	...	Nyala
2	Nyala	41	Nyala
3	Nyala	42	Nyala
4	Nyala	43	Nyala
5	Nyala	44	Nyala
6	Nyala	45	Nyala
7	Nyala	46	Nyala
8	Nyala	47	Nyala
9	Nyala	48	Nyala
10	Nyala	49	Nyala
...	Nyala	50	Nyala

Berdasarkan tabel 4.2 terlihat kompor sudah bisa menyala secara terus menerus, dan hanya tidak menyala 1 kali dari 50 kali percobaan. Setelah dimasukkan ke sistem utama kompor sudah bisa menyala dan berjalan dengan lancar.



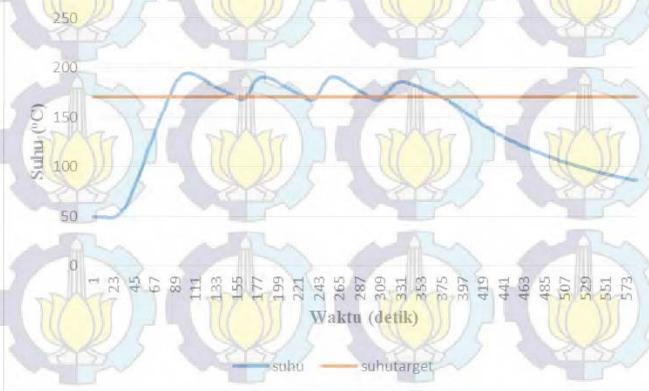
Gambar 4. 5 Uji nyala kompor memakai pemantik listrik

4.3.6 Pengujian Kontrol Sistem

Sistem kompor dengan kontrol suhu terprogram perlu diberi kontrol agar bisa mengatur servo, kontrol yang digunakan mempengaruhi respon sistem dan juga output yang diinginkan. Pada *plant* yang akan digunakan direncanakan menggunakan kontrol proporsional atau kontrol proporsional integral. Adapun hasil pengujian adalah sebagai berikut.

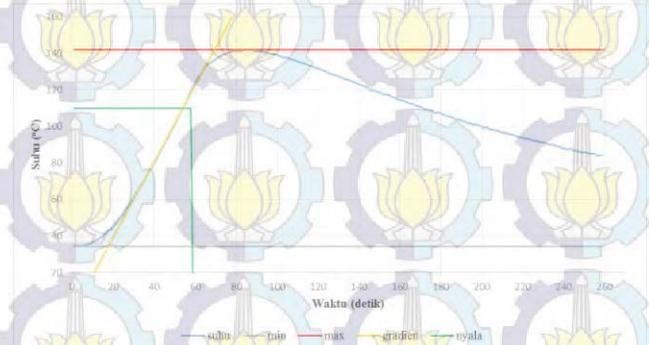
1.1.6.1 Pengujian Kontrol Proporsional

Pada pengujian pertama kontrol yang digunakan adalah kontrol proporsional dimana konstanta proporsional ditentukan melalui metode *trial error* dan metode *Ziegler-Nichols*. Pengujian dilakukan pada salah satu resep masakan yakni masak telur. Adapun hasil grafiknya adalah:



Gambar 4. 6 Grafik pengujian kontrol proporsional

Pada grafik telur dimasak selama +/- 6 menit dengan pengaturan suhu target 170 °C, $K_p = 2$. Apabila menggunakan metode *Ziegler-Nichols* pertama-tama adalah mencari grafik S dari *unit step* berupa kompor yang dinyalakan selama beberapa waktu. Adapun grafiknya adalah



Gambar 4. 7 Metode *Ziegler-Nichols*

Pada grafik garis hijau adalah ketika kompor menyala, garis biru adalah suhu yang terukur pada panci, garis abu-abu adalah suhu minimal yang terukur, garis merah adalah titik saturasi dari suhu maksimal, sedangkan garis oranye adalah gradien yang digunakan untuk mencari nilai T dan L. Adapun langkah-langkah untuk mencari nilai T dan L pertama-tama dengan menentukan rentang garis paling linier dari garis oranye. Sehingga didapatkan nilai (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) . Adapun perhitungan mencari nilai gradien m adalah sebagai berikut:

$$(x_1, y_1) = (33, 66.25)$$

$$(x_2, y_2) = (56, 114)$$

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

$$\frac{y - 66.25}{114 - 66.25} = \frac{x - 33}{56 - 33}$$

$$y = 2.076x + 2.260$$

Dimana $m = 2.076$. Setelah didapatkan nilai m dicari titik bawah untuk menentukan nilai x melalui perpotongan garis antara suhu minimal dengan gradien dan titik atas untuk menentukan nilai x melalui perpotongan garis antara suhu maksimal dengan gradien. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

Titik bawah = suhu saturasi minimal – gradien

Titik atas = gradien – suhu saturasi maksimal

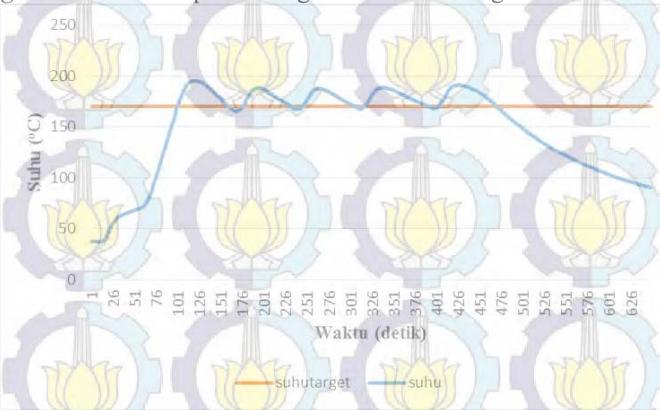
Titik bawah dan titik atas dicari sampai dengan mendapatkan nilai yang mendekati 0, pada nilai titik bawah ditarik ke sumbu x maka didapatkanlah nilai $L = 18$. Pada nilai titik atas ditarik ke sumbu x kemudian nilainya dikurangi dengan nilai L maka didapatkanlah nilai T , yakni $69-18 = 51$. Berdasarkan grafik *Ziegler-Nichols* nilai K_p didapatkan dengan rumus:

$$K_p = T/L$$

$$K_p = 51/18$$

$$K_p = 2.83$$

Ternyata K_p dari metode *trial error* dan metode ini hampir sama, maka penulis mengambil salah satu nilai K_p yakni K_p dari metode *Ziegler-Nichols*. Adapun hasil grafik adalah sebagai berikut



Gambar 4. 8 Pengujian kontrol proporsional metode Ziegler-Nichols

Respon grafik yang dihasilkan dari kedua metode ini hampir sama yakni grafik mengalami titik osilasi yang merupakan karakteristik dari kontrol proporsional. Sehingga untuk memperbaiki kontrol diperlukan kontrol integral agar output suhu benar-benar sesuai dengan yang diinginkan.

1.1.6.2 Pengujian Kontrol Proporsional Integral

Setelah didapatkan nilai T dan L melalui metode *Ziegler-Nichols* adapun rumus untuk mendapatkan K_p dan K_i adalah:

$$K_p = 0.9(T/L)$$

$$K_p = 0.9(51/18)$$

$$K_p = 2.55$$

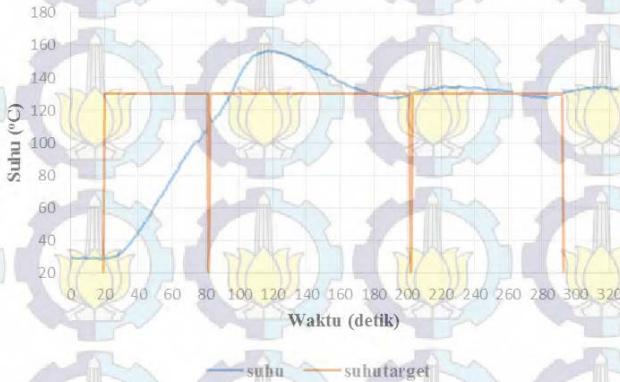
$$K_i = K_p/T_i, \text{ dimana}$$

$$T_i = L/0.3$$

$$T_i = 18/0.3$$

$$T_i = 60,$$

$$K_i = 2.55/60$$
$$K_i = 0.0425$$



Gambar 4. 9 Pengujian kontrol proporsional metode *Ziegler-Nichols*

Pada grafik terlihat sudah tidak mengalami titik osilasi karena ada penambahan kontrol proporsional pada sistem. Sehingga untuk selanjutnya kontrol yang dipakai pada sistem adalah kontrol proporsional-integral dikarenakan output suhu lebih sesuai dengan suhu yang diinginkan.

4.2 Pengujian Sistem Keamanan Kompor

Pengujian sistem keamanan dilakukan untuk menguji coba apakah sistem keamanan sudah benar-benar aman atau belum, sebelum diuji coba ke orang awam atau orang yang masih belajar memasak. Pada saat pengujian tombol 'RESET' berhasil membuat kompor mati dan program kembali ke kondisi awal, begitu juga dengan tombol 'OK' yang memiliki 3 kondisi, pada semua fungsi program tombol 'OK' dapat menyalakan dan mematikan kompor. Pada tahap ini kompor sudah siap untuk diuji coba baik oleh penulis sendiri dan maupun orang lain.

Pengujian keamanan selanjutnya adalah kondisi ketika listrik PLN mati, dikarenakan catu daya Arduino dan servo masih menggunakan listrik PLN maka dibutuhkan catu daya eksternal yang dapat mengantisipasi apabila listrik PLN mati. Pengujian dilakukan

dengan menyalakan alat dengan memakai catu daya dari listrik PLN, kemudian catu daya Arduino dan servo dicabut. Pada pengujian alat masih menyala karena Arduino dan servo mengambil tegangan catu daya eksternal yang dapat berupa baterai 9 sampai 12 Volt atau powerbank. rangkaian menggunakan IC 7805 dan dioda 1N4007 yang berfungsi sebagai regulator tegangan. Jadi ketika Arduino dan servo tidak mendapatkan catu daya dari listrik PLN, Arduino dan servo akan langsung mengambil tegangan dari catu daya eksternal. Tapi apabila listrik PLN sudah menyala kembali maka Arduino dan servo akan kembali mengambil tegangan dari listrik PLN. Untuk catu daya listrik PLN, catu daya memakai *power supply switching* berupa *charger handphone* dengan tegangan output 5 Volt dan arus 1 sampai 2 Ampere.

4.3 Pengujian Memasak

Setelah semua pengujian masing-masing komponen berfungsi dengan baik, maka dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan dengan cara memasak atau menjalankan programnya. Dalam tahap ini pengujian dilakukan oleh beberapa subyek penguji.

4.3.1 Pengujian Memasak Telur

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil masakan telur yang dimasak secara manual dibandingkan dengan telur yang dimasak secara terkontrol. Pada telur yang dimasak secara manual suhu kerja yang terukur pada termokopel ketika dilakukan pengamatan adalah 130 – 150 °C, sehingga apabila dimasukkan pada sistem suhu yang diatur pada rentang suhu tersebut. Pada sistem yang dibuat ada dua tipe kontrol yakni kontrol suhu dan kontrol waktu, pada memasak telur kontrol suhu dibuat hanya satu karena memang yang dibutuhkan hanya satu kali kontrol suhu, sedangkan kontrol waktu ada tiga tahap yakni ketika memanaskan minyak atau margarin, memasukkan telur, dan membalik telur. Adapun tabel pengujiannya adalah sebagai berikut:

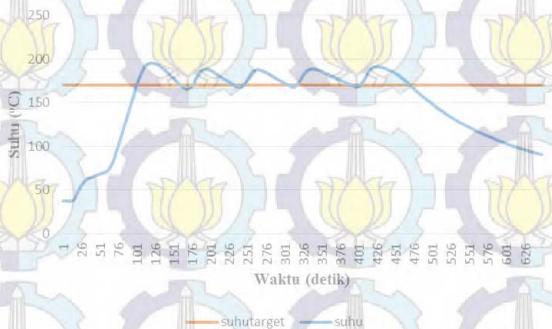
Tabel 4.3 Tabel pengujian telur

NO	KONTROL SUHU			KONTROL WAKTU			Kontrol PI		Tester
	Suhutarget1	Suhutarget2	Suhutarget3	Waktu1	Waktu2	Waktu3	Kp	Ki	
1	170	170	170	60 detik	120 detik	180 detik	2	-	Esi
2	170	170	170	60 detik	120 detik	120 detik	2	-	Esi
3	170	170	170	60 detik	120 detik	120 detik	2	-	Ruliana
4	170	170	170	60 detik	120 detik	90 detik	2	-	Esi
5	150	150	150	60 detik	120 detik	90 detik	2,55	0,0425	Imam
6	130	130	130	60 detik	120 detik	90 detik	2,55	0,0425	Imam

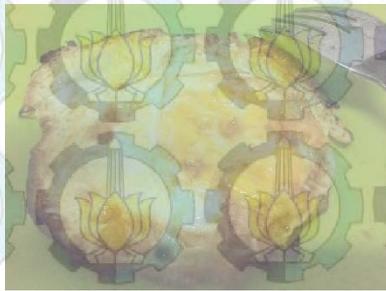
Pada tabel 4.3 percobaan 1 sampai 4 menggunakan kontrol proporsional. Sedangkan tabel yang di blok biru menandakan parameter yang sesuai dengan hasil telur yang diinginkan. Adapun hasil pengujiannya adalah sebagai berikut:

a. Pengujian 1 masak telur:

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4.10 Grafik pengujian 1 memasak telur

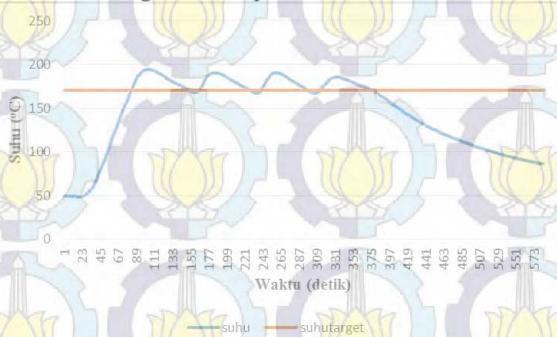


Gambar 4. 11 Hasil pengujian 1 memasak telur

Dari gambar 4.11 terlihat pada bagian pinggir telur terlihat gosong dikarenakan suhu target yang diinginkan terlalu panas.

b. Pengujian 2 masak telur:

Pada pengujian 2 Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 12 Grafik pengujian 2 masak telur

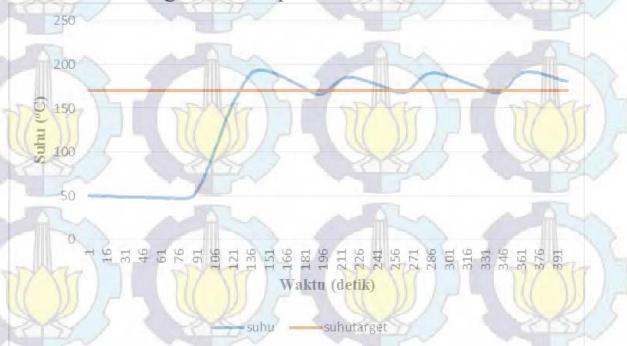


Gambar 4. 13 Hasil pengujian 2 memasak telur

Perbedaan dari pengaturan sebelumnya parameter pada Waktu3 pengaturan waktunya dikurangi 30 detik, namun pada gambar 4.13 hasil masakan tidak berbeda dengan pengujian 1 dimana terdapat sedikit gosong pada tepi telur.

c. Pengujian 3 masak telur:

Pada pengujian 3 suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 14 Grafik pengujian 3 masak telur

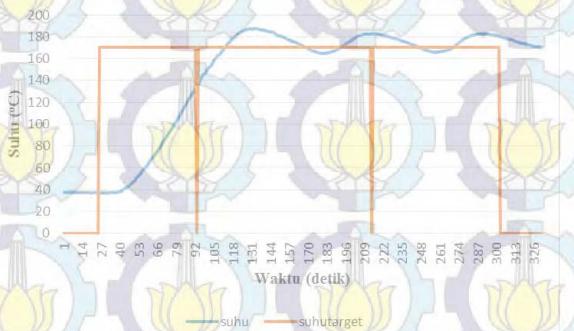


Gambar 4. 15 Hasil pengujian 3 memasak telur

Pada pengujian 3 parameter yang diubah ada di Waktu3 dimana dikurangi 30 detik menjadi 2 menit. Hasil yang didapatkan tekstur sudah pas dan matang sempurna tapi pada tepi telur masih terlihat sedikit gosong seperti pada gambar 4.15.

d. Pengujian 4 masak telur:

Pada pengujian 4 suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 16 Grafik pengujian 4 memasak telur

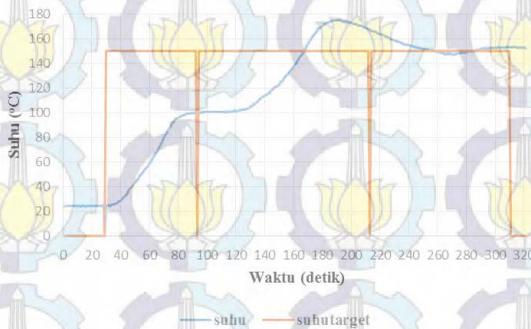


Gambar 4. 17 Hasil pengujian 4 memasak telur

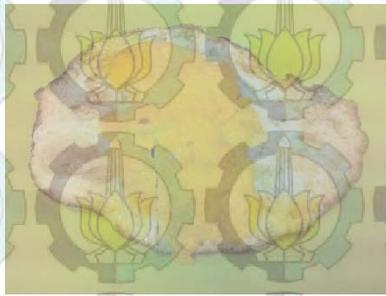
Pada pengujian ini hasil yang didapatkan parameter Waktu3 dikurangi 30 detik lagi yakni menjadi 90 detik, pada gambar 4.17 hasil yang dipatkan ternyata masih terdapat gosong dipinggir walaupun tengah telur sudah matang sempurna.

e. Pengujian 5 masak telur:

Pada pengujian 5 suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 18 Grafik pengujian 5 masak telur

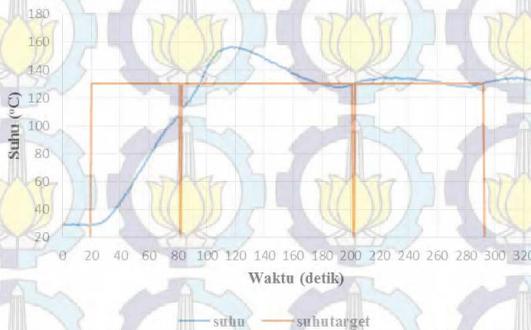


Gambar 4. 19 Hasil pengujian 5 memasak telur

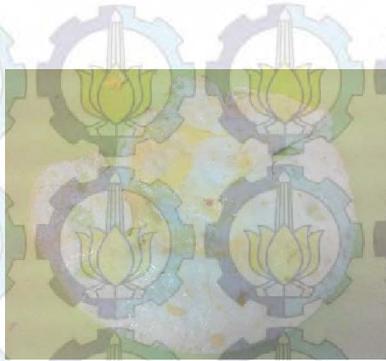
Pada pengujian 5 kontrol diganti menggunakan kontrol proporsional dan integral untuk mendapatkan output suhu sesuai dengan suhu yang diinginkan, parameter suhutarget diturunkan menjadi 150° dan dengan pengaturan Waktu1 1 menit, Waktu2 2 menit, dan Waktu3 90 detik. Hasil yang didapatkan tengah telur sudah matang dan tepi telur masih terlihat gosong.

f. Pengujian 6 masak telur:

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan telur) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik telur) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 20 Grafik pengujian 5 memasak telur



Gambar 4. 21 Hasil pengujian 6 memasak telur

Pada pengujian 6 parameter pengaturan waktu tetap sedangkan parameter yang diubah adalah parameter suhu, baik $Suhtarget_1$, $Suhtarget_2$, $Suhtarget_3$ diturunkan menjadi 130° . Sehingga hasil masakan yang didapat permukaan telur matang secara merata baik sisi tengah maupun sisi tepi telur sehingga pada kondisi telur seperti ini dengan adanya tambahan kondisi pilihan bagi pemasak dapat membuat telur matang seperti gambar ataupun ingin menggosongkan telur dengan memasak telur lebih lama.

4.3.2 Pengujian Memasak Scallop Ikan

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil masakan scallop yang dimasak secara manual dibandingkan dengan scallop yang dimasak secara terkontrol. Pada scallop yang dimasak secara manual suhu kerja yang terukur pada termokopel ketika dilakukan pengamatan adalah $125 - 135^\circ\text{C}$, sehingga apabila dimasukkan pada sistem suhu yang diatur pada rentang suhu tersebut. Pada sistem yang dibuat ada dua tipe kontrol yakni kontrol suhu dan kontrol waktu, pada memasak scallop kontrol suhu dibuat hanya satu karena memang yang dibutuhkan hanya satu kali kontrol suhu, sedangkan kontrol waktu ada empat tahap yakni ketika memanaskan minyak, memasukkan scallop, dan membalik scallop, dan membalik scallop lagi. Adapun tabel pengujiannya adalah sebagai berikut:

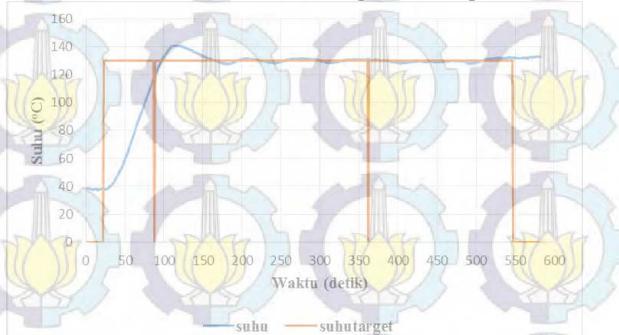
Tabel 4. 4 Tabel pengujian scallop ikan

NO	KONTROL SUHU				KONTROL WAKTU				Kontrol PI	
	Suhutarget1	Suhutarget2	Suhutarget3	Suhutarget4	Waktu1	Waktu2	Waktu3	Waktu4	Kp	Ki
1	130	130	130	130	1'	4' 30"	3'	30"	2.55	0.0425
2	160	160	160	160	1'	4' 30"	3'	30"	2.55	0.0425
3	100	100	100	100	1'	4' 30"	3'	30"	2.55	0.0425

Pada tabel 4.4 percobaan 1 sampai 3 menggunakan kontrol proporsional integral. Sedangkan tabel yang di blok biru menandakan parameter yang sesuai dengan hasil telur yang diinginkan. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

a. Pengujian 1 masak scallop

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik scallop), dan Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (membalik scallop lagi) dimana pada pengaturan resep scallop ini setelah langkah membalik scallop selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik scallop apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 22 Grafik pengujian 1 scallop ikan

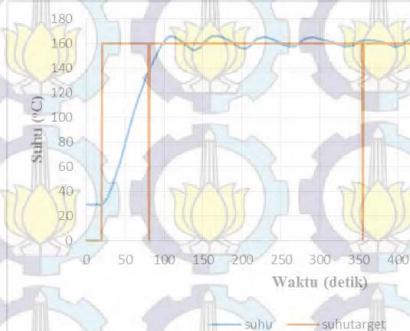


Gambar 4. 23 hasil pengujian 1 scallop ikan

Pada pengujian 1 terlihat scallop sudah matang merata juga teksturnya sesuai dengan yang diinginkan. Pada pengujian ini dicoba memasak lebih dari 2 scallop dengan pengaturan parameter yang sama didapatkan hasil yang sama juga, sehingga dapat disimpulkan jumlah scallop yang dimasak tidak mempengaruhi hasil masakan.

b. Pengujian 2 masak scallop

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik scallop), dan Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (membalik scallop lagi) dimana pada pengaturan resep scallop ini setelah langkah membalik scallop selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik scallop apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 24 Grafik pengujian 2 scallop ikan

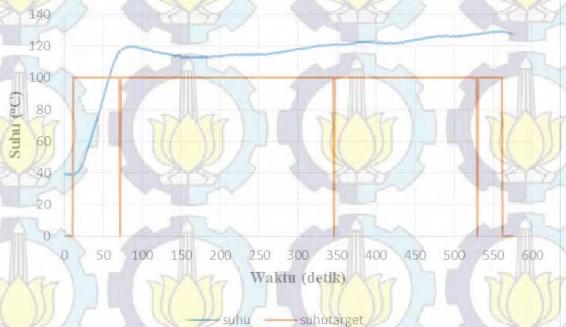


Gambar 4. 25 Hasil pengujian 2 scallop ikan

Pada pengujian 2 scallop ada gosongnya, sehingga dapat disimpulkan apabila suhu diatur melebihi suhu kerja yang digunakan untuk memasak scallop maka scallop akan semakin gosong.

c. Pengujian 3 masak scallop

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan minyak), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit, Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (membalik scallop), dan Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (membalik scallop lagi) dimana pada pengaturan resep scallop ini setelah langkah membalik scallop selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik scallop apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 26 Grafik pengujian 3 scallop ikan

Gambar 4. 27 Hasil pengujian 3 scallop ikan

Pada pengujian 3 terlihat scallop kurang matang dan masih terlihat ada putih mentahnya dikarenakan pengaturan suhu target yang terlalu kecil yakni 100° C.

4.3.3 Pengujian Memasak Roti Bakar

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil masakan roti bakar yang dimasak secara manual dibandingkan dengan roti bakar yang dimasak secara terkontrol. Pada roti bakar yang dimasak secara manual suhu kerja yang terukur pada termokopel ketika dilakukan pengamatan adalah 110 – 130 °C, sehingga apabila dimasukkan pada sistem suhu yang diatur pada rentang suhu tersebut. Pada sistem yang dibuat ada dua tipe kontrol yakni kontrol suhu dan kontrol waktu, pada pengujian roti bakar roti kontrol suhu dicoba dibuat dua kali kontrol dan satu kali kontrol suhu, sedangkan kontrol waktu ada dua tahap yakni ketika memasukkan roti, dan membalik roti. Adapun tabel pengujiannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Tabel pengujian roti bakar

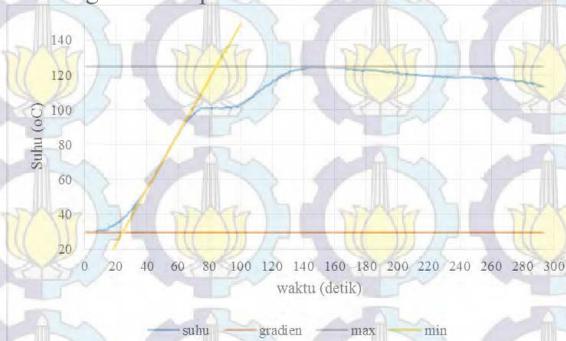
NO	KONTROL SUHU			KONTROL WAKTU		Kp		Tester
	Suhutarget1	Suhutarget2	Suhutarget3	Waktu1	Waktu2	Kp	Ki	
1	90	110	0	2 menit	2 menit	0.5	-	Imam
2	-	150	0	4 menit	4 menit	0.5	-	Imam
3	-	130	0	2 menit	2 menit	2	-	Novem
4	-	130	0	2 menit	2 menit	2.55	0.0425	Anjik

Pada tabel 4.5 percobaan 1 sampai 3 menggunakan kontrol proporsional dan pengujian 4 menggunakan kontrol proporsional integral. Sedangkan tabel yang di blok biru menandakan parameter

yang sesuai dengan hasil telur yang diinginkan. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

a. Pengujian 1 roti bakar

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memasak roti bakar), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit,) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 28 Grafik pengujian 1 roti bakar

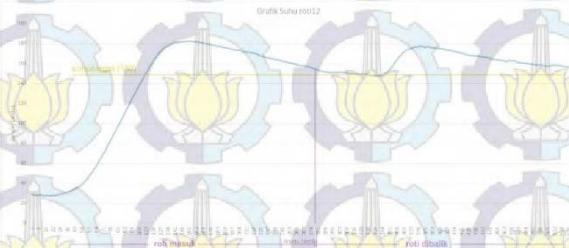


Gambar 4.29 Hasil pengujian 1 roti bakar

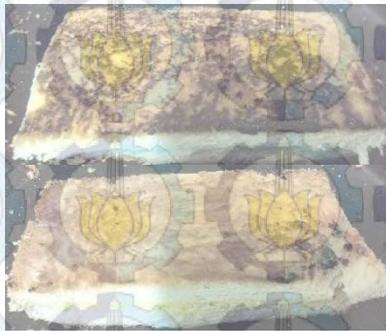
Dari gambar 4.29 terlihat roti matang tapi ada beberapa kegosongan karena sisi luar roti tidak diberi margarin secara merata.

b. Pengujian 2 roti bakar

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan roti bakar), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan scallop) kemudian ditunggu 2 menit,) dimana pada pengaturan resep telur ini setelah langkah membalik telur selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik telur apabila telur kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



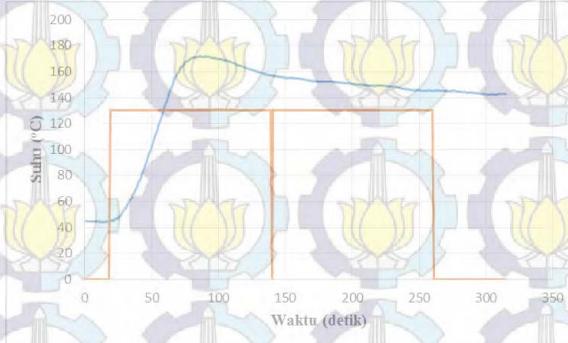
Gambar 4.30 Grafik pengujian 2 roti bakar



Gambar 4. 31 Hasil pengujian 2 roti bakar

c. Pengujian 3 roti bakar

Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memasukkan roti bakar), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (membalik roti bakar) kemudian ditunggu 2 menit dimana pada pengaturan resep roti bakar setelah langkah membalik roti selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik roti apabila kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 32 Grafik pengujian 3 roti bakar

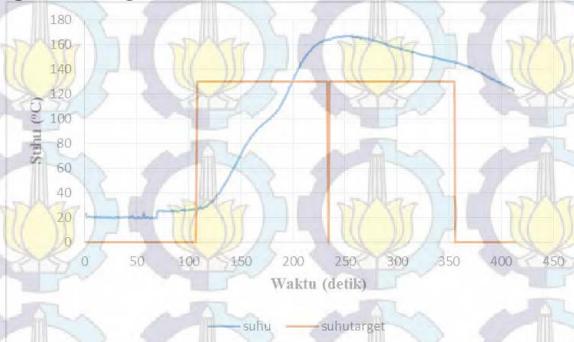


Gambar 4. 33 Hasil pengujian 3 roti bakar

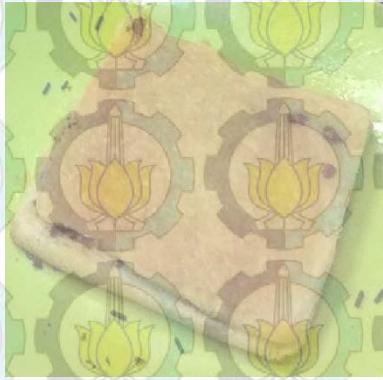
Pada pengujian 4.33 terlihat roti matang sempurna walaupun hanya menggunakan kontrol proporsional sekalipun dengan pengaturan suhu target 130°.

d. Pengujian 4 roti bakar

Pada pengujian 4.4uhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memasukkan roti), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (membalik roti) kemudian ditunggu 2 menit, dimana pada pengaturan resep roti bakar setelah langkah membalik roti selesai ada pilihan bagi pemasak untuk membolak-balik roti apabila kurang gosong, kondisi ini bisa dilewati atau diikuti sesuai dengan selera pemasak.



Gambar 4. 34 Grafik pengujian 4 roti bakar



Gambar 4. 35 Hasil pengujian 4 roti bakar

Dengan pengaturan parameter suhu target dan waktu yang sama, pada pengujian ini terlihat juga roti matang sempurna dimana kontrol menggunakan kontrol proporsional integral, dapat disimpulkan untuk memasak roti bakar kontrol proporsional dengan kontrol proporsional integral tidak begitu mempengaruhi hasil makanan.

4.3.4 Pengujian Memasak Sayur Sop

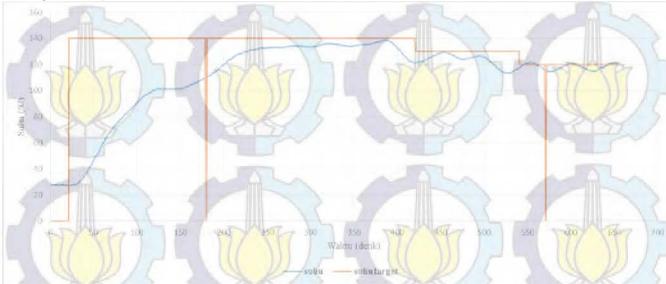
Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil masakan sop yang dimasak secara manual dibandingkan dengan sop yang dimasak secara terkontrol. Pada sop yang dimasak secara manual suhu kerja yang terukur pada termokopel ketika dilakukan pengamatan adalah 120 – 150 °C, sehingga apabila dimasukkan pada sistem suhu yang diatur pada rentang suhu tersebut. Pada sistem yang dibuat ada dua tipe kontrol yakni kontrol suhu dan kontrol waktu, pada pengujian sop kontrol suhu dicoba dibuat 5 kali kontrol suhu, sedangkan kontrol waktu ada 5 tahap yakni ketika memanaskan air, memasukkan wortel, buncis, dan kentang, memasukkan buncis, memasukkan bahan sisa, dan memasukkan bumbu. Adapun tabel pengujiannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Tabel pengujian sayur sop

NO	KONTROL SUHU					KONTROL WAKTU					Tester
	Suhutar get1	Suhutar get2	Suhutar get3	Suhutar get4	Suhutar get5	Waktu1	Waktu2	Waktu3	Waktu4	Waktu5	
1	140	140	130	120	120	3'	4'	2'	30"	3' 30"	Kuncoro
2	140	140	130	120	120	3'	4'	3'	30"	4'	Kuncoro
3	140	140	-	120	120	3'	5'	-	30"	3'	Mbak Vita

a. Pengujian 1 sayur sop

Pada pengujian 1 suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan air), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan wortel dan kentang), Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (memasukkan bahan tersisa), Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (memasukkan bumbu), Suhutarget5 untuk pengaturan suhu Waktu5 (mengaduk sayuran).



Gambar 4. 36 Grafik Pengujian 1 Sayur Sop

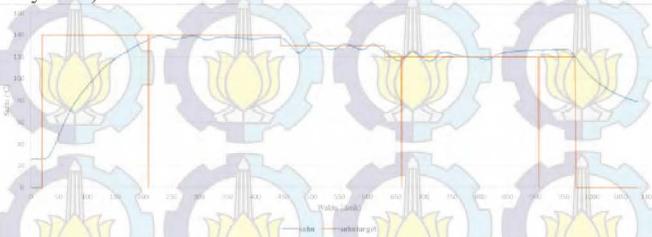


Gambar 4. 37 Hasil Pengujian 1 Sayur Sop

Pada pengujian 1 wortel dan kentang sudah matang, namun buncis masih sedikit keras dan kurang matang, sedangkan bunga kol, daun bawang, kuah sudah pas berdasarkan penguji. Pada pengujian sayur sop pengujinya lebih dari satu untuk mendapatkan parameter yang lebih sesuai dan pengujinya minimal 2 orang.

b. Pengujian 2 sayur sop

Pada pengujian 2 Suhutarget1 untuk pengaturan suhu Waktu1 (memanaskan air), Suhutarget2 untuk pengaturan suhu Waktu2 (memasukkan wortel dan kentang), Suhutarget3 untuk pengaturan suhu Waktu3 (memasukkan bahan tersisa), Suhutarget4 untuk pengaturan suhu Waktu4 (memasukkan bumbu), Suhutarget5 untuk pengaturan suhu Waktu5 (mengaduk sayuran).



Gambar 4. 38 Grafik pengujian 2 sayur sop



Gambar 4. 39 Hasil pengujian 2 sayur sop



Pada pengujian 2 wortel dan kentang sudah matang, namun buncis matang, sedangkan bunga kol, daun bawang, kuah sudah pas berdasarkan penguji. Pada pengujian sayur sop pengujinya lebih dari satu untuk mendapatkan parameter yang lebih sesuai dan pengujinya minimal 2 orang. Pada pengujian 2 waktu untuk memasak buncis ditambah menjadi 3 menit dari yang sebelumnya 2 menit, kemudian untuk lama mengaduk sayuran juga ditambah 30 detik.

4.4 Evaluasi Sistem

Setelah dilakukan beberapa pengujian memasak resep masakan terdapat beberapa evaluasi sistem yang perlu untuk diperbaiki dan dikembangkan lagi diantaranya adalah:

1. Pada awalnya pemasak dibuat harus menekan tombol 'NEXT' ketika sedang memasak, sehingga berdasarkan testimoni beberapa penguji hal tersebut merepotkan memasak, sehingga dibuatlah sistem ketika penguji sudah mulai memasak, penguji tidak perlu menekan tombol lagi dan hanya mengikuti instruksi dari LCD.
2. Setiap penguji yang baru pertama kali memasak harus dijelaskan dahulu cara kerja alat dan fungsi dari masing-masing tombol.
3. Kabel termokopel yang melekat pada gagang teflon mengganggu kenyamanan pemasak, dan terkadang ada aliran listrik statis yang membuat ketaget pemasak.

Karena termokopel sudah melekat pada satu teflon sehingga teflon yang digunakan adalah teflon yang sudah terpasang termokopel dan tidak bisa diganti lagi.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan dari Bab I sampai Bab IV penulis mencoba menarik kesimpulan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Resep yang ada pada alat mempunyai pengaturan parameter masing-masing, diantaranya untuk memasak telur dibutuhkan 3 kali pengaturan waktu, yakni ketika memanaskan minyak atau margarin (60 detik), ketika memasukkan telur (120 detik), dan ketika membalik telur (90 detik). Ketiga pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar 130° C. Untuk memasak scallop dibutuhkan 4 kali pengaturan waktu, yakni ketika memanaskan minyak atau margarin (60 detik), ketika memasukkan scallop (270 detik), ketika membalik scallop (180 detik), dan ketika membalik scallop lagi (30 detik). Keempat pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar 130° C. Untuk membuat roti bakar dibutuhkan 2 kali pengaturan waktu, yakni ketika memasukkan roti (120 detik), dan ketika membalik roti (120 detik). Kedua pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar 130° C. Untuk memasak sayur sop dibutuhkan 5 kali pengaturan waktu, yakni ketika mendidihkan air (3 menit), memasukkan wortel dan kentang (4 menit), memasukkan bahan tersisa (3 menit), memasukkan bumbu (30 detik), dan mengaduk sayuran sampai matang (4 menit).
2. Bagi orang awam yang baru mencoba sistem kompor ini harus dijelaskan terlebih dahulu fungsi dari program dan fungsi dari tiap tombol yang akan dioperasikan.
3. Secara umum sistem sudah dapat memandu pemasak melalui tampilan LCD dan fungsi *timer* pada setiap resep masakan, sehingga orang yang memasak tidak perlu khawatir lagi apakah masakannya sudah matang atau belum, selama pemasak mengikuti langkah-langkah yang ada maka masakan akan sesuai dengan yang diharapkan.

5.2 Saran

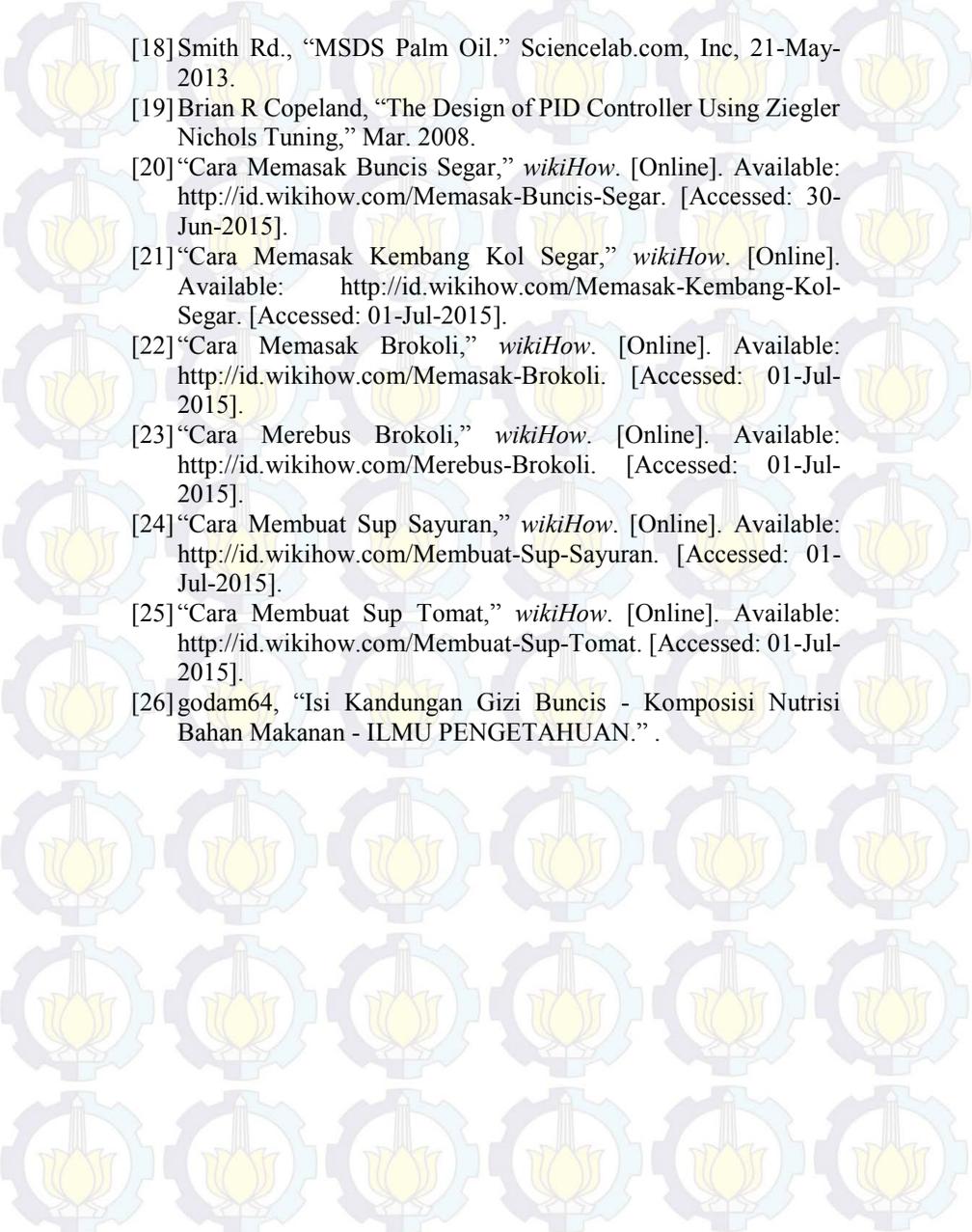
Adapun untuk perbaikan dan pengembangan alat kedepannya diantaranya adalah:

1. Dibutuhkan pengemasan alat yang lebih praktis dan tidak mengganggu kegiatan memasak, dikarenakan peletakan termokopel yang menempel pada panci teflon cukup mengganggu orang yang memasak, sehingga dibutuhkan modul atau sensor suhu lain yang lebih praktis.
2. Rangkaian yang masih dalam bentuk PCB *board* perlu dikemas menjadi lebih rapi lagi agar pemasak lebih nyaman digunakan.
3. Catu daya mikrokontroler, servo, dan pemanik listrik yang masih terpisah perlu diintegrasikan agar lebih praktis.
4. Resep masakan yang masih sedikit dan sederhana perlu ditambah lagi agar kompor lebih multifungsi.

Penggunaan mikrokontroler Arduino memiliki kapasitas penyimpanan yang terbatas yakni sebesar 32 Kbyte saja, maka dari itu perlu untuk dicoba menggunakan mikrokontroler lain yang memiliki kapasitas penyimpanan lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Cara Memasak Wortel,” *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Wortel>. [Accessed: 30-Jun-2015].
- [2] B. Li and J. Lei, “Design of industrial temperature monitoring system based on single chip microcontroller,” in *2011 International Conference on Computer Science and Service System (CSSS)*, 2011, pp. 342–344.
- [3] “MAKALAH TERMOCOUPLE,” *rikadiantoro*. .
- [4] “Cara Memasak Kentang,” *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Kentang>. [Accessed: 30-Jun-2015].
- [5] R. Diantoro, “Makalah Termokopel,” <https://rikadiantoro.wordpress.com>, Mar. 2014.
- [6] A. Parluhutan Bonor Sinaga, *Perancangan dan Implementasi Kontroler PID untuk Pengaturan Autonomous Car-Following Car*. Teknik Elektro FTI ITS, 2014.
- [7] “Revised Thermocouple Reference Tables Type K.” omega.co.uk.
- [8] H. Avriyantama, *Pengembangan Robot Hexapod Untuk Melacak Sumber Gas*. Surabaya: Teknik Elektro FTI ITS, 2015.
- [9] M. Integrated, “MAX6675-Cold Junction Compensated K-Thermocouple to Digital Converter.” www.maximintegrated.com, 2014.
- [10] Syahrul, *Karakteristik dan Pengontrolan Motor Servo*. Bandung: Jurusan Teknik Komputer, Universitas Komputer Indonesia, 2006.
- [11] M. Banzi, “Getting Started with Arduino,” *OReilly Media Inc*, 2011.
- [12] A. Yahya, *Merawat & Memperbaiki Kompor Gas*. Niaga Swadaya.
- [13] D. Wilcher, *Learn Electronics with Arduino*. Apress, 2012.
- [14] Smith Rd., “Water MSDS.” Sciencelab.com, Inc, 21-May-2013.
- [15] M. Al-Nuri, “Air,” *Univ. Sumat. Utara*, 2010.
- [16] K. Jack, “.....Dalam Sebuah Kisah Inspirasi SukriMarni: Tugas makalah Pengolahan dan pemanfaatan minyak kelapa murni,”*Dalam Sebuah Kisah Inspirasi SukriMarni*. .
- [17] M. Al-Nuri, “Minyak Goreng,” *Univ. Sumat. Utara*, 2010.

- 
- [18] Smith Rd., "MSDS Palm Oil." Sciencelab.com, Inc, 21-May-2013.
- [19] Brian R Copeland, "The Design of PID Controller Using Ziegler Nichols Tuning," Mar. 2008.
- [20] "Cara Memasak Buncis Segar," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Buncis-Segar>. [Accessed: 30-Jun-2015].
- [21] "Cara Memasak Kembang Kol Segar," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Kembang-Kol-Segar>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [22] "Cara Memasak Brokoli," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Memasak-Brokoli>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [23] "Cara Merebus Brokoli," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Merebus-Brokoli>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [24] "Cara Membuat Sup Sayuran," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Membuat-Sup-Sayuran>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [25] "Cara Membuat Sup Tomat," *wikiHow*. [Online]. Available: <http://id.wikihow.com/Membuat-Sup-Tomat>. [Accessed: 01-Jul-2015].
- [26] godam64, "Isi Kandungan Gizi Buncis - Komposisi Nutrisi Bahan Makanan - ILMU PENGETAHUAN."

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan dari Bab I sampai Bab IV penulis mencoba menarik kesimpulan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Resep yang ada pada alat mempunyai pengaturan parameter masing-masing, diantaranya untuk memasak telur dibutuhkan 3 kali pengaturan waktu, yakni ketika memanaskan minyak atau margarin (60 detik), ketika memasukkan telur (120 detik), dan ketika membalik telur (90 detik). Ketiga pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar 130° C. Untuk memasak scallop dibutuhkan 4 kali pengaturan waktu, yakni ketika memanaskan minyak atau margarin (60 detik), ketika memasukkan scallop (270 detik), ketika membalik scallop (180 detik), dan ketika membalik scallop lagi (30 detik). Keempat pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar 130° C. Untuk membuat roti bakar dibutuhkan 2 kali pengaturan waktu, yakni ketika memasukkan roti (120 detik), dan ketika membalik roti (120 detik). Kedua pengaturan waktu tersebut membutuhkan pengaturan suhu sebesar 130° C. Untuk memasak sayur sop dibutuhkan 5 kali pengaturan waktu, yakni ketika mendidihkan air (3 menit), memasukkan wortel dan kentang (4 menit), memasukkan bahan tersisa (3 menit), memasukkan bumbu (30 detik), dan mengaduk sayuran sampai matang (4 menit).
2. Bagi orang awam yang baru mencoba sistem kompor ini harus dijelaskan terlebih dahulu fungsi dari program dan fungsi dari tiap tombol yang akan dioperasikan.

Secara umum sistem sudah dapat memandu pemasak melalui tampilan LCD dan fungsi *timer* pada setiap resep masakan, sehingga orang yang memasak tidak perlu khawatir lagi apakah masakannya sudah matang atau belum, selama pemasak mengikuti langkah-langkah yang ada maka masakan akan sesuai dengan yang diharapkan.

LAMPIRAN

Source code pada mikrokontroler Arduino Uno

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <max6675.h>
#include <Wire.h>
#include <Servo.h>

//-----prosedur buat reset millis-----
//
extern volatile unsigned long timer0_millis;
unsigned long new_value = 0;

LiquidCrystal lcd(12, 11, 7, 6, 5, 4);
//RS(4), E(6), D4(7), D5(6), D6(5), D7(4)
Servo myservo; // create servo object to
control a servo

const int next = 2; //pin pushbutton next
const int back = 3; //pin pushbutton back
//-----inisialisasi
thermocouple_MAX6675-----//
int thermoDO = 8;
int thermoCS = 9;
int thermoCLK = 10;
MAX6675 thermocouple(thermoCLK, thermoCS,
thermoDO);
int vccPin = 1;
int gndPin = 0;
uint8_t degree[8] =
{140,146,146,140,128,128,128,128};

String teks1;
String teks2;
String teks3;
int suhutarget = 0;
int pause;
int k = 0;
```

```

int m = 0;
int n = 0;
float error_0 = 0;
float error;
float error_t;
float Iout;
float Pout;
float pi;
float pos;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  myservo.attach(13); //pin data servo di
  Arduino
  myservo.write(40);
  lcd.begin(20,4); //lcd display 20x4
  lcd.createChar(0, degree);
  lcd.clear();
  pinMode(next, INPUT);
  pinMode(back, INPUT);
  pinMode(vccPin, OUTPUT);
  digitalWrite(vccPin, HIGH);
  pinMode(gndPin, OUTPUT);
  digitalWrite(gndPin, LOW);
  pinMode(A0, OUTPUT); //led indicator
  pinMode(A1, OUTPUT); //buzzer
  pinMode(A2, INPUT); //flame sensor
}

void loop()
{
  switch (n)
  {
    case 0 :
      menu(k);
      break;
    case 1 :
      telur(k);
  }
}

```

```

    break;
    case 2 :
        scallop(k);
    break;
    case 3 :
        roti(k);
    break;
    case 4 :
        sop(k);
    break;
    case 5 :
        manual(k);
    break;
}
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(teks1);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(teks2);
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print(teks3);
nyala();

//-----membuat fungsi tombol next sbg
starting timer dan nextbutton-----//
if (pause == 0) //pause=0; fungsi next sbg
start timer 1 menit
{
    for (int j=0;j<30;j++)
    {
        rutin();
        for (int l=0;l<90;l++)
        {
            nyala();
            delay(10);
        }
        suhu();
    }
    k++;
}

```

```

}
else //pause=1; fungsi next sbg next button
{
    rutin();
    for (int i=0;i<100;i++)
    {
        if (digitalRead(2)==HIGH) //tombol next
ditekan
        {
            while (digitalRead(2)==HIGH){}
            i=100;
            k++;
            pause=0;
        }
        nyala();
        delay(10);
    }
}
}

```

```

//-----FUNGSI RESET MILLIS-----
//

```

```

void setMillis(unsigned long new_millis)
{
    uint8_t oldSREG = SREG;
    cli();
    timer0_millis = new_millis;
    SREG = oldSREG;
}

```

```

//-----TAMPILAN MENU UTAMA-----
//

```

```

void menu(int menit)
{
    switch (menit)
    {
        case 0 :
            teks1 = "TUGAS AKHIR";
            teks2 = "IMAM FITRIATNO";

```

```

    teks3 = "BISMILLAH 112!";
    pause = 1;
break;
case 1 :
    teks1 = "SELAMAT DATANG";
    teks2 = "SILAHKAN PILIH";
    teks3 = "RESEP MASAKAN";
    pause = 1;
break;
case 2 :
    teks1 = "> 1. Telur";
    teks2 = " 2. Scallop Ikan";
    teks3 = " 3. Roti Bakar";
    m = 3;
    pause = 1;
break;
case 3 :
    teks1 = " 1. Telur";
    teks2 = "> 2. Scallop Ikan";
    teks3 = " 3. Roti Bakar";
    m = 4;
    pause = 1;
break;
case 4 :
    teks1 = " 1. Telur";
    teks2 = " 2. Scallop Ikan";
    teks3 = "> 3. Roti Bakar";
    m = 5;
    pause = 1;
break;
case 5 :
    teks1 = "> 4. Sayur sop";
    teks2 = " 5. Manual";
    teks3 = "";
    m = 6;
    pause = 1;
break;
case 6 :
    teks1 = " 4. Sayur sop";

```

```

    teks2 = "> 5. Manual";
    teks3 = "";
    m = 7;
    pause = 1;
break;
case 7 :
    teks1 = "tunggu...";
    teks2 = "";
    teks3 = "";
    k = 0;
    setMillis(0);
    pause = 1;
break;
}
}

//-----RESEP 1. TELUR-----
-//
void telur(int menit)
{
    switch (menit)
    {
        case 0 :
            teks1 = "Selamat memasak";
            teks2 = "Telur Ceplok";
            teks3 = "Bismillah dulu ya :)";
            pause = 1;
            break;
        case 1 :
            teks1 = "1-Siapkan:";
            teks2 = "minyak/margarin,";
            teks3 = "dan telur";
            pause = 1;
            break;
        case 2 :
            teks1 = "2-Tuang 1 sdm";
            teks2 = "margarin/minyak";
            teks3 = "ke dalam teflon";
            pause = 1;

```

```

break;
case 3 :
    teks1 = "3-Nyalakan kompor";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    pause = 1;
break;
case 4 :
    teks1 = "4-Ratakan margarin";
    teks2 = "";
    teks3 = "tunggu 1 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
break;
case 6 :
    teks1 = "5-Pecahkan telur";
    teks2 = "Tuang ke teflon";
    teks3 = "Tunggu 2 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 11 :
    teks1 = "6-Balik telur";
    teks2 = "";
    teks3 = "Tunggu 1' 30'";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k=k+1;
break;
case 15 :
    teks1 = "7-Bolak-balik";
    teks2 = "telur jika";
    teks3 = "kurang gosong";
    suhutarget = 130;
    pause = 1;
    buzzer();

```

```

    k = k+1;
break;
case 17 :
    teks1 = "8-Tiriskan telur";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    suhutarget = 0;
    pause = 1;
break;
case 18 :
    teks1 = "tunggu...";
    teks2 = "";
    teks3 = "";
    k = 0;
    n = 0;
    setMillis(0);
    pause = 1;
break;
}
}

//-----RESEP 2. SCALLOP IKAN-----
//-----
void scallop(int menit)
{
    switch (menit)
    {
        case 0 :
            teks1 = "Selamat memasak";
            teks2 = "Scallop Ikan";
            teks3 = "Bismillah dulu ya :)";
            pause = 1;
            break;
        case 1 :
            teks1 = "1-Siapkan +/-200ml";
            teks2 = "minyak goreng, dan";
            teks3 = "2-5 Scallop ikan";
            pause = 1;
            break;
    }
}

```

```

case 2 :
    teks1 = "2-Tuangkan minyak";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan      'NEXT'";
    pause = 1;
break;
case 3 :
    teks1 = "3-Tunggu minyak";
    teks2 = "panas,";
    teks3 = "Tunggu 1 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
break;
case 5 :
    teks1 = "4-Masukkan scallop";
    teks2 = "ikan";
    teks3 = "Tunggu 4' 30''";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 15 :
    teks1 = "5-Balik scallop";
    teks2 = "";
    teks3 = "Tunggu 3 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 22 :
    teks1 = "6-Balik scallop";
    teks2 = "lagi";
    teks3 = "Tunggu 30 detik";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;

```

```

break;
case 24 :
    teks1 = "7-Bolak-balik";
    teks2 = "scallop jika";
    teks3 = "kurang gosong";
    suhutarget = 130;
    pause = 1;
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 25 :
    teks1 = "Tiriskan scallop";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    suhutarget = 0;
    pause = 1;
break;
case 26 :
    teks1 = "tunggu...";
    teks2 = "";
    teks3 = "";
    k = 0;
    n = 0;
    setMillis(0);
    pause = 1;
break;
}
}

```

//-----RESEP 3. ROTI BAKAR-----
-----//

```

void roti(int menit)
{
    switch (menit)
    {
        case 0 :
            teks1 = "Selamat membakar";
            teks2 = "Roti bakar crispy";
            teks3 = "Bismillah dulu ya :)";

```

```
    pause = 1;
break;
case 1 :
    teks1 = "1-Siapkan 1 potong";
    teks2 = "roti tawar,margarin";
    teks3 = "& susu/mises";
    pause = 1;
break;
case 2 :
    teks1 = "2-Oleskan margarin";
    teks2 = "secara merata pada";
    teks3 = "dua sisi roti";
    pause = 1;
break;
case 3 :
    teks1 = "3-Taburkan mises";
    teks2 = "secara merata";
    teks3 = "pada 1 sisi roti";
    pause = 1;
break;
case 4 :
    teks1 = "4-Lipat roti,";
    teks2 = "mises ada di";
    teks3 = "sisi dalam";
    pause = 1;
break;
case 5 :
    teks1 = "5-Letakkan roti";
    teks2 = "Nyalakan kompor:";
    teks3 = "Tekan 'OK'";
    pause = 1;
break;
case 6 :
    teks1 = "6-Tunggu 2 menit";
    teks2 = "";
    teks3 = "";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    pause = 0;
```

```

break;
case 10 :
    teks1 = "7-Balik roti";
    teks2 = "";
    teks3 = "Tunggu 2 menit";
    suhutarget = 130;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 15 :
    teks1 = "8-Bolak-balik";
    teks2 = "roti jika";
    teks3 = "kurang gosong";
    suhutarget = 130;
    pause = 1;
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 17 :
    teks1 = "Matikan kompor:";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    suhutarget = 0;
    pause = 1;
break;
case 18 :
    teks1 = "tunggu...";
    teks2 = "";
    teks3 = "";
    k = 0;
    n = 0;
    setMillis(0);
    pause = 1;
break;
}
}

```

```

//-----RESEP 4. SAYUR SOP-----
-----//
void sop(int menit)
{
    switch (menit)
    {
        case 0 :
            teks1 = "Selamat memasak";
            teks2 = "Sayur Sop";
            teks3 = "Bismillah dulu ya :)";
            pause = 1;
            break;
        case 1 :
            teks1 = "#bahan:";
            teks2 = "1 wortel +/- 1 ons,";
            teks3 = "cuci,iris +/- 0.5 cm";
            pause = 1;
            break;
        case 2 :
            teks1 = "#bahan:";
            teks2 = "1 kentang +/- 1 ons";
            teks3 = "cuci, potong kotak2";
            pause = 1;
            break;
        case 3 :
            teks1 = "#bahan:";
            teks2 = "1 kol +/- 1 ons";
            teks3 = "cuci, iris tipis2";
            pause = 1;
            break;
        case 4 :
            teks1 = "#bahan:";
            teks2 = "1 buncis +/- 1 ons";
            teks3 = "cuci,potong +/- 5 cm";
            pause = 1;
            break;
        case 5 :
            teks1 = "#bahan:";
            teks2 = "1 daun bawang";
    }
}

```

```

    teks3 = "cuci, iris tipis2";
    pause = 1;
break;
case 6 :
    teks1 = "#bahan:";
    teks2 = "2 batang daun";
    teks3 = "seledri";
    pause = 1;
break;
case 7 :
    teks1 = "#bahan:";
    teks2 = "Air 300ml";
    teks3 = "atau secukupnya";
    pause = 1;
break;
case 8 :
    teks1 = "#bahan bumbu:";
    teks2 = "1 sdt garam &";
    teks3 = "2 sdm bumbu sop jadi";
    pause = 1;
break;
case 9 :
    teks1 = "JANGAN LUPA SEMUA";
    teks2 = "BAHAN DIPISAHKAN";
    teks3 = "MULAI MEMASAK >";
    pause = 1;
break;
case 10 :
    teks1 = "Tuang +/- 300 ml air";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    pause = 1;
break;
case 11 :
    teks1 = "Biarkan air mendidih";
    teks2 = "Tunggu 3 menit";
    teks3 = "";
    suhutarget = 140;
    setMillis(0);

```

```

break;
case 17 :
    teks1 = "Masukkan wortel";
    teks2 = "buncis, dan kentang";
    teks3 = "Tunggu 10 menit";
    suhutarget = 140;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 38 :
    teks1 = "Masukkan bahan";
    teks2 = "yang tersisa";
    teks3 = "";
    suhutarget = 120;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 40 :
    teks1 = "Masukkan bumbu,";
    teks2 = "garam. Aduk rata!";
    teks3 = "Tunggu 3 menit";
    suhutarget = 120;
    setMillis(0);
    buzzer();
    k = k+1;
break;
case 47 :
    teks1 = "Sop siap dihidangkan";
    teks2 = "Tekan 'OK'";
    teks3 = "Tekan 'NEXT'";
    suhutarget = 0;
    buzzer();
    k = k+1;
    pause = 1;
break;
case 49 :
    teks1 = "tunggu...";

```

```

    teks2 = "";
    teks3 = "";
    k = 0;
    n = 0;
    setMillis(0);
    pause = 1;
    break;
}
}

//-----RESEP 5. Manual-----
--//
void manual(int menit)
{
    switch (menit)
    {
        case 0 :
            teks1 = "Nyalakan kompor:";
            teks2 = "Tekan 'OK'";
            teks3 = "Tekan 'NEXT'";
            pause = 1;
            break;
        case 1 :
            teks1 = "-->> API KECIL <<--";
            teks2 = "Tekan 'NEXT'";
            teks3 = "untuk api besar";
            pause = 1;
            myservo.write(85);
            break;
        case 2 :
            teks1 = "-->> API BESAR <<--";
            teks2 = "Tekan 'NEXT'";
            teks3 = "untuk api kecil";
            pause = 1;
            myservo.write(98);
            break;
        case 3 :
            teks1 = "tunggu";
            teks2 = "";

```

```

    teks3 = "";
    k = 1;
    pause = 1;
break;
}
}

void suhu() //KONTROL PI
{
    float baca = thermocouple.readCelsius();
    //Kontrol Integratif
    error_0 = error;
    error = suhtarget-baca;
    error_t = error + error_0;
    Iout = 0.0425*error_t; //Ki = 0.0425
    //Kontrol Proporsional
    Pout = error*2.55; //Kp = 2.55
    //Kontrol PI
    pi = Iout + Pout;
    pos = 84 + pi; //84 = posisi minimal servo
    if (pos > 95)
    {pos = 95;}
    else if (pos < 84)
    {pos = 84;}
    myservo.write(pos);
}

void nyala()
{
    if (digitalRead(3) == HIGH) //tombol back
    ditekan
    {
        while (digitalRead(3)==HIGH){}
        if (m == 1)
        {
            myservo.write(175); //real pos ignition
155
            delay(1000);
            myservo.write(84); //nyala api terkecil

```

```
        digitalWrite(A1, HIGH);
        delay(500);
    }
    else if (m == 2)
    {
        myservo.write(40);
        digitalWrite(A1, HIGH);
        delay(500);
        m = 0;
    }
    else if (m==3)
    {
        buzzer();
        k=0;
        n=1;
        m=0;
    }
    else if (m==4)
    {
        buzzer();
        k=0;
        n=2;
        m=0;
    }
    else if (m==5)
    {
        buzzer();
        k=0;
        n=3;
        m=0;
    }
    else if (m==6)
    {
        buzzer();
        k=0;
        n=4;
        m=0;
    }
    else if (m==7)
```

```

    {
        buzzer();
        k=0;
        n=5;
        m=0;
    }
    m = m+1;
}
else
{
    digitalWrite(A1, LOW);
}
}

void buzzer()
{
    digitalWrite(A1, HIGH); //buzzer
    delay(500);
    digitalWrite(A1, LOW);
}

void rutin()
{
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("                "); //blank
    space
    if (pause == 0)
    {
        lcd.setCursor(0,3);
        lcd.print((millis()/1000)/60); //minute
        lcd.setCursor(2,3);
        lcd.print(" ");
        lcd.setCursor(3,3);
        lcd.print((millis()/1000)%60); //second
        lcd.setCursor(5,3);
        lcd.print(" ");
    }
    lcd.setCursor(12,3);
    lcd.print(thermocouple.readCelsius());
}

```

```
Serial.println(thermocouple.readCelsius());  
#if ARDUINO >= 100  
  lcd.write((byte)0);  
#else  
  lcd.print(0, BYTE);  
#endif  
  lcd.print("C");  
}
```