

repository.ub.ac.id

**PENGENDALIAN SUHU DAN KELEMBABAN PROSES  
PEMATANGAN KEJU MENGGUNAKAN KONTROLER PID  
BERBASIS PLC**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar sarjana teknik



Disusun oleh:

**GOSI DESGRAHA**

**NIM. 105060307111048**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**MALANG**

**2015**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PENGENDALIAN SUHU DAN KELEMBABAN PROSES  
PEMATANGAN KEJU MENGGUNAKAN KONTROLER PID  
BERBASIS PLC**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

**GOSI DESGRAHA**

**NIM. 105060307111048**

Telah diperiksa dan disetujui oleh  
**Dosen Pembimbing:**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Rahmadwati, ST., MT., Ph.D.**  
**NIP. 19771102 200604 2 003**

**Ir. Retnowati, MT.**  
**NIP. 19511224 198203 2 001**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENGENDALIAN SUHU DAN KELEMBABAN PROSES**  
**PEMATANGAN KEJU MENGGUNAKAN KONTROLER PID**  
**BERBASIS PLC**

Disusun Oleh:

**GOSI DESGRAHA**

**NIM. 105060307111048**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
tanggal 30 April 2015

**Majelis Penguji :**

**Ir. Purwanto, MT.**  
**NIP. 19540424 198601 1 001**

**Goegoes Dwi Nusantoro, ST., MT.**  
**NIP. 19711013 200604 1 001**

**Dr. Ir. Erni Yudaningtvas, MT.**

**NIP. 19650913 199002 2 001**

Mengetahui,  
**Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Muhammad Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D.**

**NIP. 19741203 200012 1 001**

## PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena dengan rahmat, taufik dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “PENGENDALIAN SUHU DAN KELEMBABAN PROSES PEMATANGAN KEJU MENGGUNAKAN KONTROLER PID BERBASIS PLC” ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- Allah SWT atas rahmat serta hidayah yang diberikan.
- Rasulullah Muhammad SAW semoga sholawat dan salam tetap tercurah kepada beliau.
- Ayahanda Heryadi Hasan dan Ibunda Afiyah Afifi atas cinta, kasih sayang, perhatian serta dukungan yang sangat besar untuk penulis dan doa yang tidak henti-hentinya hingga terselesaikannya skripsi ini.
- Terima kasih buat Oktafi Herepson, Aprilian Cena dan Tetra Febri Sera yang selalu memberi motivasi serta dukungan.
- Muhammad Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Ir. Purwanto, MT. selaku KKDK Teknik Kontrol.
- Ibu Rahmadwati, ST., MT., Ph.D sebagai dosen pembimbing I atas segala bimbingan, pengarahan, gagasan, ide, saran, motivasi yang diberikan, serta waktu yang diberikan untuk bimbingan.
- Ibu Ir. Retnowati, MT. sebagai dosen pembimbing II atas segala bimbingan, arahan, gagasan, ide, saran, motivasi yang diberikan, serta berkenan memberikan waktu luang untuk bimbingan.

- Ibu Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, MT. sebagai Kepala Laboratorium Sistem Kontrol atas izin penggunaan laboratorium Sistem Kontrol dan saran yang telah diberikan.
- Semua Dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya
- Mbak Eka sebagai Laboran Lab. Sistem Kontrol dan teman-teman asisten Lab. Sistem Kontrol.
- Semua staf recording Jurusan Teknik Elektro.
- Dinas Peternakan dan Kesehatan Hewan Kabupaten Malang
- Unit Usaha Keju Dinas Peternakan dan Kesehatan Hewan di Desa Bambang Kecamatan Wajak Kabupaten Malang
- Amalia Tiara Putri yang selalu memberi inspirasi serta semangat.
- Terima kasih yang sebesar-besarnya buat Fakhrrur Rozi dan Afham Azri yang sangat berjasa bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
- Sahabat terbaik Ivandri S.U Duka, Nandha Pamadya P, Dyah Ayu Anggreini, Muhammad Wildan Dzulqarnain, Muhammad Afnan Habibi, Laksana Widya Peryoga, Hanip Adzhar, Muhammad Aulia Rahman Sembiring dan abang tiruan Aditya Angga Kusuma.
- Teman-teman MAGNET10.
- Teman-teman JOPU FC.
- Laboratorium Sistem Kontrol Universitas Brawijaya Malang.
- Semua pihak yang turut membantu yang tidak mungkin untuk dicantumkan namanya satu-persatu, terima kasih banyak atas bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Malang, Mei 2015

Penulis

## ABSTRACT

Gosi Desgraha, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2015, *Pengendalian Suhu Dan Kelembaban Proses Pematangan Keju Menggunakan Kontroler PID Berbasis PLC*. Dosen Pembimbing: Rahmadwati, ST., MT., Ph.D dan Ir. Retnowati, MT.

Abstrak - Ada beberapa proses sebelum susu berubah menjadi keju. Pematangan adalah salah satunya. Pematangan merupakan proses akhir dari rangkaian proses pembuatan keju. Pematangan (*ripening*) adalah proses yang mengubah dadih-dadih (keju mentah) segar menjadi keju yang penuh dengan rasa. Hasil produksi keju dipengaruhi beberapa faktor, seperti proses pembuatan dan proses selama pematangan. Proses pembuatan dan proses pematangan yang tidak tepat dapat mengakibatkan rasa, aroma, dan tekstur yang buruk. Pematangan disebabkan oleh bakteri atau jamur tertentu yang digunakan pada proses produksi, dan karakter akhir dari suatu keju banyak ditentukan dari proses pematangannya. Selama proses pematangan, keju dijaga agar berada pada suhu dan tingkat kelembaban tertentu hingga keju siap dimakan. Waktu pematangan ini bervariasi tergantung dari jenis keju. Dengan menggunakan PLC (*Programmable Logic Controller*) dalam pengaplikasian sebagai alat pengendali suhu dan kelembaban dengan memanfaatkan teknik pengontrolan PID (Proporsional Integral Differential) yang telah tersedia di dalam PLC yang diharapkan nantinya dapat menunjang pada kualitas hasil produksi keju.

Kata Kunci: *Programmable Logic Controller* (PLC), PID (Proporsional Integral Differential), Keju, Proses Pematangan Keju.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Sistematika Pembahasan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Keju Gouda .....	4
2.2 Sensor Suhu PT100.....	5
2.3 Sensor Kelembaban HSM-20G.....	6
2.4 Kontroler .....	7
2.4.1 Kontroler P (Proporsional) .....	7
2.4.2 Kontroler I (Integral) .....	8
2.4.3 Kontroler D (Differensial) .....	9
2.4.4 Kontroler PID (Proporsional Integral Differensial) .....	9
2.5 Metode <i>Tuning</i> PID .....	11
2.6 <i>Programmable Logic Kontrol</i> (PLC) .....	13
2.6.1 Prinsip Kerja PLC .....	15
2.6.2 Perangkat Keras PLC CP1L .....	16
2.7 Pengawatan PLC .....	18
2.8 Pemrograman PLC .....	19

2.8.1 Dasar-dasar Pemrograman .....	20
2.8.2 Konsep Pembuatan Program dengan <i>Ladder Diagram</i> .....	20
2.8.3 Menggambar <i>Ladder Diagram</i> .....	22
2.8.4 Menggunakan Program CX-One .....	22
2.8.5 Intruksi Dasar PLC .....	23
2.9 <i>Human Machine Interface (HMI)</i> .....	25
<b>BAB II METODOLOGI .....</b>	<b>26</b>
3.1 Studi Literatur .....	26
3.2 Perancangan Dan Realisasi Pembuatan Alat .....	27
3.2.1 Perancangan Alat Setiap Blok .....	27
3.2.2 Realisasi Pembuatan Sistem Keseluruhan .....	27
3.3 Pengujian Dan Analisa Alat .....	27
3.4 Pengambilan Kesimpulan .....	28
<b>BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT .....</b>	<b>29</b>
4.1 Perancangan Sistem .....	29
4.2 Spesifikasi Alat .....	30
4.3 Diagram Blok Sistem .....	30
4.4 Prinsip Kerja Alat .....	31
4.5 Perancangan Perangkat Keras .....	32
4.5.1 Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor PT100 .....	33
4.5.2 Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor HSM-20G .....	36
4.5.3 Rangkaian <i>OP-AMP</i> .....	37
4.5.4 <i>Driver</i> Motor L298N .....	38
4.5.5 Rangkaian Pembagi Tegangan .....	38
4.5.6 Rangkaian <i>Switching</i> .....	39
4.5.7 Motor DC .....	40
4.5.8 Pengawatan Komunikasi Data Antara PC Dengan PLC .....	40
4.5.9 Pengawatan Sistem Keluaran PWM Pada PLC .....	41
4.6 Perancangan Perangkat Lunak .....	41
4.6.1 Perancangan Program Pembacaan Sinyal Analog Sistem .....	41

4.6.2 Perancangan Kontroler PID .....	42
<b>BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM .....</b>	<b>44</b>
5.1 Pengujian Sensor Suhu PT100 .....	44
5.1.1 Tujuan Pengujian .....	44
5.1.2 Peralatan Yang Dibutuhkan .....	44
5.1.3 Langkah Pengujian .....	44
5.1.4 Hasil Pengujian Dan Analisa .....	45
5.2 Pengujian RPS (Rangkaian Pengondisi Sinyal) PT100 .....	46
5.2.1 Tujuan Pengujian .....	46
5.2.2 Peralatan Yang Dibutuhkan .....	46
5.2.3 Langkah Pengujian .....	47
5.2.4 Hasil Pengujian Dan Analisa .....	47
5.3 Pengujian Sensor Kelembaban HSM-20G .....	48
5.3.1 Tujuan Pengujian .....	48
5.3.2 Peralatan Yang Dibutuhkan .....	48
5.3.3 Langkah Pengujian .....	48
5.3.4 Hasil Pengujian Dan Analisa .....	48
5.4 Pengujian <i>Driver</i> Motor L298N .....	50
5.4.1 Tujuan Pengujian .....	50
5.4.2 Peralatan Yang Dibutuhkan .....	50
5.4.3 Langkah Pengujian .....	50
5.4.4 Hasil Pengujian Dan Analisa .....	51
5.5 Pengujian Keseluruhan Sistem .....	52
5.6 Pengujian Kadar Air .....	54
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>56</b>
6.1 Kesimpulan .....	56
6.2 Saran .....	56
DAFTAR PUSTAKA .....	57
LAMPIRAN .....	58

## DAFTAR GAMBAR

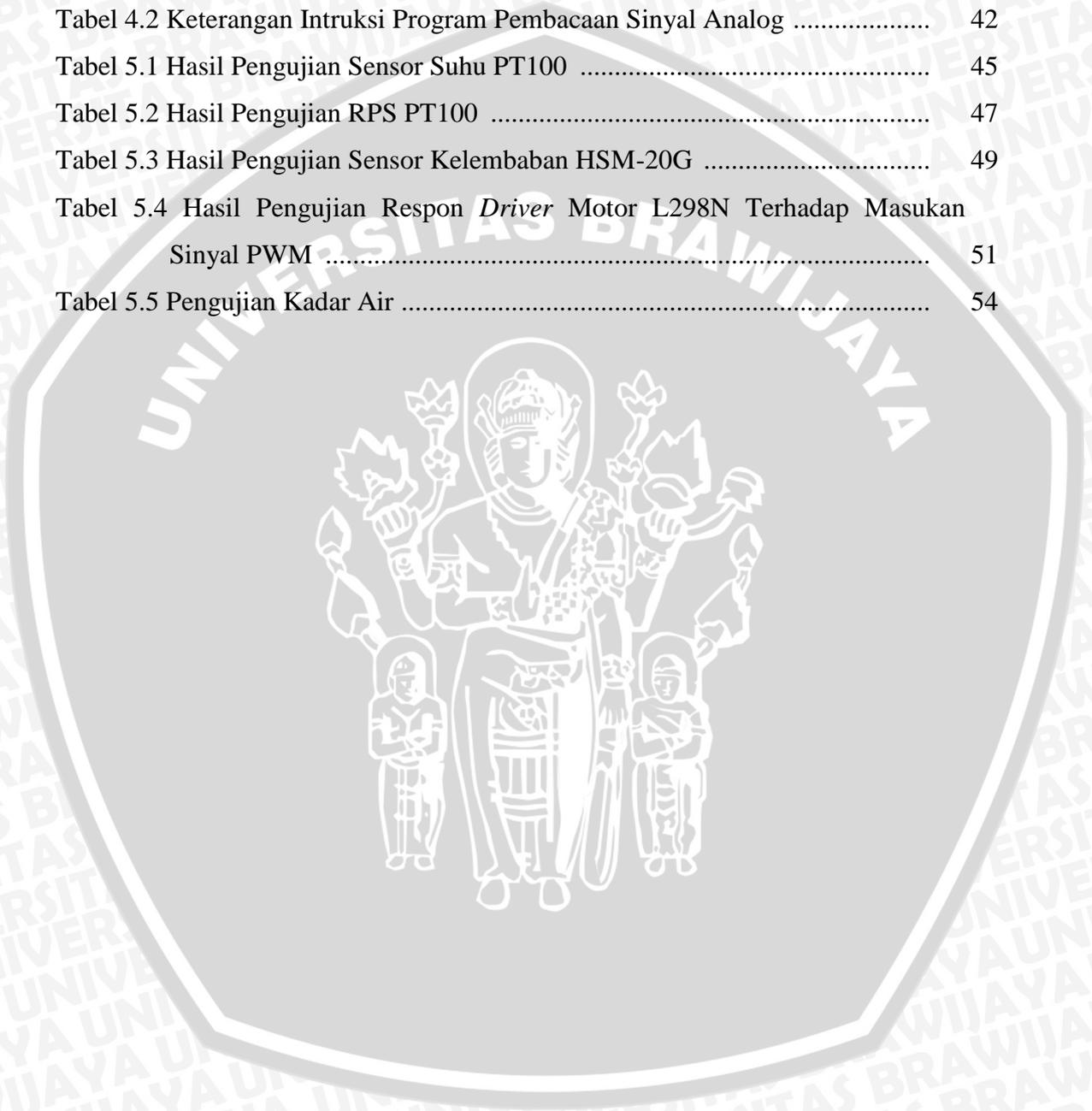
Gambar 2.1 Keju Gouda .....	4
Gambar 2.2 Sensor Suhu PT100 .....	5
Gambar 2.3 Sensor Kelembaban HSM-20G .....	6
Gambar 2.4 Diagram Blok Kontroler Proporsional .....	8
Gambar 2.5 Diagram Blok Kontroler Integral .....	8
Gambar 2.6 Diagram Blok Kontroler Differensial .....	9
Gambar 2.7 Diagram Blok Kontroler PID .....	10
Gambar 2.8 Kurva Respon Yang Menunjukkan 25% <i>Maximum Overshoot</i> .....	11
Gambar 2.9 Kurva S.....	11
Gambar 2.10 <i>Step</i> Respon <i>Plant</i> Yang Didapatkan Dari Eksperimental .....	12
Gambar 2.11(a) PLC OMRON CP1L (b) Fungsi Kerja PLC .....	13
Gambar 2.12 Diagram Blok Prinsip Kerja PLC.....	14
Gambar 2.13 <i>Flowchart</i> Prinsip Kerja PLC.....	15
Gambar 2.14 Digital <i>Input</i> PLC .....	18
Gambar 2.15 Diagram Pengawatan Standar PLC OMRON CP1L.....	19
Gambar 2.16 Pengawatan <i>Input</i> Digital PLC CP1L .....	19
Gambar 2.17 Contoh <i>Ladder</i> Diagram.....	22
Gambar 2.18 Tampilan Dasar Program CX-One Versi 8.1 .....	22
Gambar 2.19 Tampilan Untuk Melihat <i>Variabel</i> Yang Tersedia.....	24
Gambar 2.20 Tampilan Untuk Melihat <i>Device</i> Yang Tersedia.....	24
Gambar 2.21 Tampilan Untuk Melihat <i>Memory Area</i> Yang Tersedia.....	25
Gambar 2.22 <i>Human Machine Interface</i> (HMI) .....	25
Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem .....	30
Gambar 4.2 Skema Sistem Keseluruhan .....	32
Gambar 4.3 Grafik Karakteristik PT100 .....	33
Gambar 4.4 Rangkaian Pengondisi Sinyal PT100 .....	34
Gambar 4.5 Skema <i>Input Output</i> Rangkaian Pengondisi Sinyal PT100 .....	36
Gambar 4.6 Grafik Karakteristik HSM-20G .....	37
Gambar 4.7 Rangkaian Pengondisi Sinyal HSM-20G .....	37
Gambar 4.8 Rangkaian Penguat Tegangan .....	38
Gambar 4.9 <i>Driver</i> Motor L298N .....	38

Gambar 4.10 Rangkaian Pembagi Tegangan .....	39
Gambar 4.11 Rangkaian <i>Inverter</i> Untuk Kontroler <i>ON-OFF</i> .....	39
Gambar 4.12 Rangkaian <i>Switching</i> Sensor .....	40
Gambar 4.13 (a) Motor DC (b) Grafik Karakteristik Motor DC .....	40
Gambar 4.14 Pengawatan Komunikasi Data Antara PC Dengan PLC .....	41
Gambar 4.15 Program Simulasi Pembacaan Sinyal Analog .....	41
Gambar 4.16 Grafik Karakteristik <i>Plant</i> .....	42
Gambar 5.1 Rangkaian Pengujian Sensor Suhu PT100 .....	45
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Resistansi PT100 Dengan Suhu .....	46
Gambar 5.3 Rangkaian Pengujian RPS PT100 .....	47
Gambar 5.4 Rangkaian Pengujian Sensor Kelembaban HSM-20G .....	48
Gambar 5.5 Grafik Hubungan Tegangan Dengan Kelembaban HSM-20G .....	49
Gambar 5.6 Rangkaian Pengujian <i>Driver</i> Motor L298N .....	50
Gambar 5.7 Grafik Keluaran Sinyal PWM <i>Driver</i> L298N Saat <i>Duty Cycle</i> 50% .....	51
Gambar 5.8 Tampilan <i>Waveform</i> Parameter Di PC-LAB Dari Keluaran Sinyal PWM <i>Driver</i> Motor L298N saat <i>Duty Cycle</i> 50% .....	52
Gambar 5.9 Program <i>Ladder</i> Proses Pematangan Keju .....	53
Gambar 5.10 Rangkaian Keseluruhan Sistem .....	53
Gambar 5.11 Grafik Pengujian Keseluruhan Miniatur Proses Pematangan Keju .....	57



**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Karakteristik Keju Berdasarkan Kadar Air .....	4
Tabel 2.2 Spesifikasi HSM-20G .....	7
Tabel 4.1 Standar Karakteristik Tegangan Keluaran HSM-20G .....	37
Tabel 4.2 Keterangan Intruksi Program Pembacaan Sinyal Analog .....	42
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu PT100 .....	45
Tabel 5.2 Hasil Pengujian RPS PT100 .....	47
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Sensor Kelembaban HSM-20G .....	49
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Respon <i>Driver</i> Motor L298N Terhadap Masukan Sinyal PWM .....	51
Tabel 5.5 Pengujian Kadar Air .....	54



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring berjalannya waktu, perkembangan teknologi dalam bidang industri terus berkembang. Salah satunya adalah pemanfaatan mikroorganisme. Mikroorganisme disebut juga organisme mikroskopik. Mikroorganisme dapat menjadi bahan pangan ataupun mengubah bahan pangan menjadi bentuk lain. Proses yang dibantu oleh mikroorganisme misalnya melalui fermentasi, seperti keju, yoghurt, dan berbagai makanan lain termasuk kecap dan tempe.

Keju adalah salah satu dari banyak contoh perkembangan industri pangan yang akan dibahas disini. Keju dibuat dari air susu yang diasamkan dengan memasukan bakteri, yaitu *Lactobacillus bulgarius* dan *Streptococcus thermophillus*. Keju adalah sebuah makanan yang dihasilkan dengan memisahkan zat-zat padat dalam susu melalui proses pengentalan atau koagulasi. Proses pengentalan ini dilakukan dengan bantuan bakteri atau enzim tertentu yang disebut rennet. Hasil dari proses tersebut nantinya akan dikeringkan, diproses, dan diawetkan.

Hasil produksi keju dipengaruhi beberapa faktor, seperti proses pembuatan dan proses selama pematangan. Proses pembuatan dan proses pematangan yang tidak tepat dapat mengakibatkan rasa, aroma, dan tekstur yang buruk. Berbagai jenis keju dengan tahapan terperinci dalam proses pembuatannya juga sangat bervariasi. Ada beberapa proses sebelum susu berubah menjadi keju. Pematangan adalah salah satunya. Pematangan merupakan proses akhir dari rangkaian proses pembuatan keju. Pematangan (*ripening*) adalah proses yang mengubah dadih-dadiah (keju mentah) segar menjadi keju yang penuh dengan rasa. Pematangan disebabkan oleh bakteri atau jamur tertentu yang digunakan pada proses produksi, dan karakter akhir dari suatu keju banyak ditentukan dari proses pematangannya. Selama proses pematangan, keju dijaga agar berada pada temperatur dan tingkat kelembaban tertentu hingga keju siap dimakan. Waktu pematangan ini bervariasi tergantung dari jenis keju. Menurut Scott (2006), bahwa keju gouda bisa disimpan untuk minggu pertama di ruang pematangan pada suhu 11-13°C dengan tingkat kelembaban sekitar 75% ([www.Food-Info.net](http://www.Food-Info.net)). Jika suhu dan kelembaban

ruangan tidak sesuai maka perkembangan bakteri yang membentuk keju akan melambat.

Pengamatan telah dilakukan di tempat pembuatan keju gouda milik Unit Usaha Keju Dinas Peternakan dan Kesehatan Hewan Kabupaten Malang yang terletak di Desa Bambang Kecamatan Wajak Malang Jawa Timur. Ruang proses pematangannya hanya menggunakan *Air Conditioner* (AC) untuk menjaga kondisi ruangan tetap dingin. Dengan demikian, penelitian dilakukan menggunakan kontrol *ON-OFF* untuk mengontrol suhu dan kontrol PID untuk mengontrol kelembaban ruang pada proses pematangan dapat meningkatkan hasil produksi keju.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dalam latar belakang, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membuat *hardware* untuk mengendalikan suhu menggunakan Kontroler *ON-OFF* dan kelembaban dalam ruangan proses pematangan keju menggunakan kontroler PID?
2. Bagaimana merancang *software* pengendali suhu menggunakan Kontroler *ON-OFF* dan kelembaban proses pematangan keju menggunakan kontroler PID?

## 1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan berfokus pada rumusan masalah maka perlu adanya pembatasan masalah. Masalah yang diteliti dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Alat pengendali suhu dan kelembaban pada proses pematangan keju yang digunakan adalah model miniatur yang dibuat dengan desain sendiri
2. Dimensi miniatur panjang 45 cm, lebar 33 cm, tinggi 30 cm
3. Skala miniatur dengan ruang pematangan adalah 1:15
4. Keju yang diteliti adalah keju gouda
5. Proses yang diteliti adalah proses pematangannya
6. Menggunakan kontroler PID pada sistem
7. Suhu proses pematangan 11-13 °C selama 1 minggu

8. Tingkat kelembaban 75%
9. Sensor suhu yang digunakan adalah PT100
10. Sensor kelembaban yang digunakan adalah HSM-20G

#### 1.4 Tujuan

Tujuan penyusunan skripsi ini adalah untuk meningkatkan kualitas hasil produksi keju dengan alat otomatisasi yang dapat mempertahankan nilai suhu dan kelembaban ruangan proses pematangan keju menggunakan kontroler PID berbasis PLC.

#### 1.5 Sistematika Pembahasan

Skripsi ini terdiri dari enam bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

##### **BAB I      Pendahuluan**

Membahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika pembahasan.

##### **BAB II      Tinjauan Pustaka**

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perancangan dan pembuatan alat.

##### **BAB III     Metode Penelitian**

Membahas metode penelitian dan perencanaan alat.

##### **BAB IV     Perancangan dan Pembuatan Alat**

Membahas perancangan alat yang meliputi spesifikasi, perencanaan, blok diagram, prinsip kerja, dan pembuatan alat. Setelah itu, bagaimana penerapannya dalam sistem secara keseluruhan.

##### **BAB V      Pengujian dan Analisis**

Membahas hasil pengujian sistem yang sudah dibuat dan analisis hasil yang diperoleh.

##### **BAB VI     Kesimpulan dan Saran**

Membahas kesimpulan penelitian dan saran-saran yang diperlukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Untuk memudahkan dalam memahami cara kerja rangkaian maupun dasar-dasar perencanaan dari alat ini, maka perlu adanya penjelasan dan uraian teori penunjang yang digunakan dalam penulisan ini. Teori penunjang yang akan dijelaskan dalam bab ini adalah:

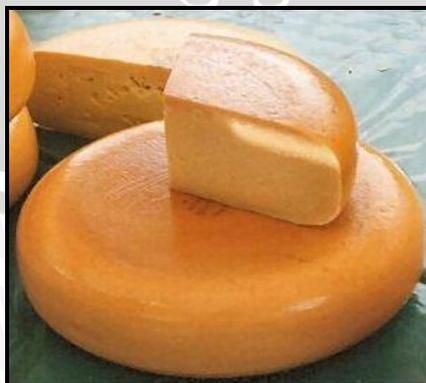
#### 2.1 Keju Gouda

Keju jenis gouda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 adalah keju kuning yang terbuat dari susu sapi. Keju ini diambil namanya dari kota Gouda di Belanda. Seperti yang telah ditunjukkan Tabel 2.1 bahwa keju gouda merupakan salah satu keju jenis keras.

Tabel 2.1 Karakteristik Keju Berdasarkan Kadar Air

Jenis Keju	Kadar Air	Contoh Keju
Keju Lunak	>50%	Cottage, Feta dan Mozzarella.
Keju Semi-Lunak	40-50%	Roquefort, Limberger dan Munster.
Keju Keras	35-40%	Cheddar, Edam dan Gouda.
Keju Sangat Keras	<35%	Parmesan, Romano dan Asiago.

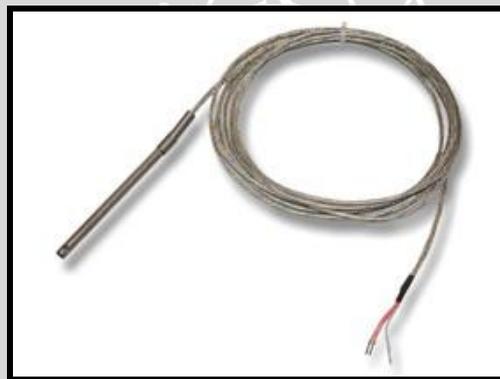
Seperti keju jenis lainnya keju gouda juga bisa sebagai bahan pelengkap makanan dan membuat kue. Rasanya yang gurih dan lezat, serta memiliki kandungan nutrisi, seperti protein, vitamin, mineral, kalsium, dan fosfor yang baik untuk kesehatan membuat keju banyak diminati dan dimanfaatkan sebagai pelengkap dalam hidangan makanan maupun membuat kue.



Gambar 2.1 Keju Gouda (jaller.wordpress.com)

## 2.2 Sensor Suhu

Sensor suhu adalah sensor yang cara kerjanya merubah besaran suhu menjadi besaran listrik yang dapat dengan mudah dianalisis besarnya dan dipasaran sudah begitu luas penggunaannya. Untuk membuatnya ada dua cara yaitu dengan menggunakan bahan logam dan bahan semikonduktor. Cara ini digunakan karena logam dan bahan semikonduktor bisa berubah hambatannya terhadap arus listrik tergantung pada suhunya. Pada logam semakin besar suhu maka nilai hambatan akan semakin naik, berbeda pada bahan semikonduktor, semakin besar suhu maka nilai hambatan akan semakin turun. Ada empat macam sensor suhu antara lain; Thermokopel, Thermistor, RTD (*Resistance Temperature Detectors*), dan IC LM 35. Tentunya tiap jenis alat tersebut mempunyai fungsi dan cara kerja yang berbeda-beda.



Gambar 2.2 Sensor Suhu PT100 (elecdesigner.com)

PT100 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 merupakan tipe RTD yang paling populer digunakan di industri. RTD atau dikenal dengan Detektor Temperatur Tahanan adalah sebuah alat yang digunakan untuk menentukan nilai atau besaran suatu temperatur/suhu dengan menggunakan elemen sensitif dari kawat platina, tembaga, atau nikel murni, yang memberikan nilai tahanan yang terbatas untuk masing-masing temperatur di dalam kisaran suhunya. Semakin panas benda tersebut, semakin besar atau semakin tinggi nilai tahanan listriknya, begitu juga sebaliknya.

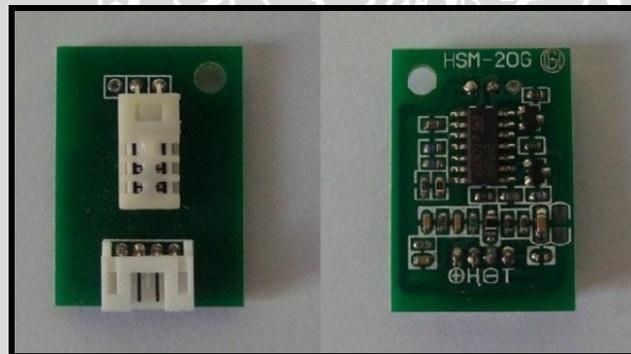
*Resistance Temperature Detector* (RTD) merupakan sensor pasif karena sensor ini membutuhkan energi dari luar. Elemen yang umum digunakan pada tahanan resistansi adalah kawat nikel, tembaga, dan platina murni yang dipasang

repository.ub.ac.id

dalam sebuah tabung guna untuk memproteksi terhadap kerusakan mekanis. PT100 digunakan pada kisaran suhu  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Prinsip dasar RTD adalah jika pada tahanan listrik dari logam yang bervariasi sebanding dengan suhu. Kesebandingan variasi ini adalah presisi dengan tingkat konsisten/kestabilan yang tinggi pada pendeteksi tahanan. Platina adalah bahan yang sering digunakan karena memiliki tahanan suhu, kelinearan, stabilitas dan reproduksibilitas.

### 2.3 Sensor Kelembaban

Kelembaban udara adalah jumlah uap air di udara. Kelembaban adalah konsentrasi uap air di udara. Kelembaban adalah salah satu faktor yang menentukan kondisi cuaca pada suatu daerah. Kelembaban dapat diukur dengan berbagai macam metode, salah satunya adalah dengan menggunakan sensor kelembaban. Sensor kelembaban adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk membantu dalam proses pengukuran atau pendefinisian yang suatu kelembaban uap air yang terkandung dalam udara.



Gambar 2.3 Sensor Kelembaban HSM-20G (book.google.com)

Sensor Kelembaban HSM-20G seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 adalah sebuah sensor kelembaban yang memiliki keluaran tegangan linier. Sensor kelembaban HSM-20G ini beroperasi pada tingkat kelembaban 20% sampai 95%. Sensor ini menggunakan catu daya 5 volt DC untuk beroperasi. Tabel 2.2 menunjukkan spesifikasi sensor HSM-20G.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Tabel 2.2 Spesifikasi HSM-20G

Characteristics		HSM-20G
Input voltage range		DC 5.0±0.2V
Output voltage range		DC 1.0—3.0 V
Measurement Accuracy		±5% RH
Operating Current (Maximum)		2mA
Storage RH Range		0 to 99% RH
Operating RH Range		20 to 95% (100% RH intermittent)
Transient Condensation		< 3%RH
Temperature Range	Storage	-20°C to 70°C
	Operating	0°C to 50°C
Hysteresis (RH @ 25°C)		MAX 2%RH
Long Term Stability (typical drift per year)		±1.5%
Linearity		Linearity
Time Response (63% step change)		1 min
Dimensions (L*W)		34mm*22mm

## 2.4 Kontroler

Kontroler merupakan salah satu komponen sistem yang berfungsi mengolah sinyal umpan balik dan sinyal referensi menjadi sinyal kontrol sedemikian rupa sehingga performansi dari sistem yang dikendalikannya sesuai dengan spesifikasi performansi yang diinginkan.

Keberadaan kontroler dalam sebuah sistem kendali mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem. Hal ini disebabkan oleh tidak dapat diubahnya komponen penyusun sistem tersebut. Artinya karakteristik *plant* harus diterima sebagaimana adanya, sehingga perubahan perilaku sistem hanya dapat dilakukan melalui penambahan suatu subsistem yaitu seperti kontroler. Prinsip kerja kontroler adalah membandingkan nilai actual keluaran *plant* dengan nilai referensi, kemudian menentukan nilai kesalahan dan akhirnya menghasilkan sinyal kontrol untuk meminimalkan kesalahan (Ogata, 1996: 197-204).

### 2.4.1 Kontroler P (Proporsional)

Kontroler proporsional adalah sebuah kontroler yang memiliki karakteristik mempercepat respon. Hubungan antara keluaran kontroler  $m(t)$  dan sinyal kesalahan penggerak  $e(t)$  ditunjukkan pada persamaan 2.1.

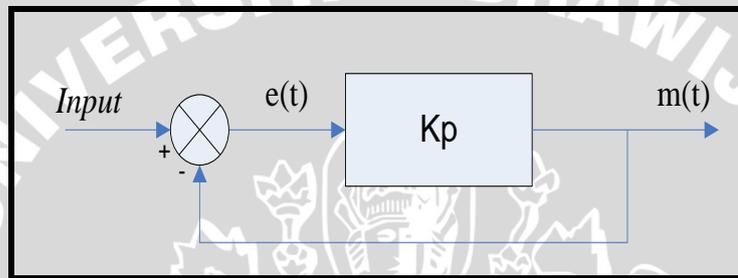
$$m(t) = Kp e(t) \dots\dots\dots (2.1)$$

atau dalam besaran transformasi Laplace di tunjukkan pada persamaan 2.2.

$$\frac{M(s)}{E(s)} = Kp \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana Kp adalah kepekaan proporsional atau penguatan proporsional.

Apapun wujud mekanisme yang sebenarnya dan apapun bentuk daya penggerakannya, kontroler proporsional pada dasarnya merupakan penguat dengan penguatan yang dapat diatur (Ogata K., 1997). Diagram blok Kontroler proporsional ditunjukkan pada Gambar 2.4.



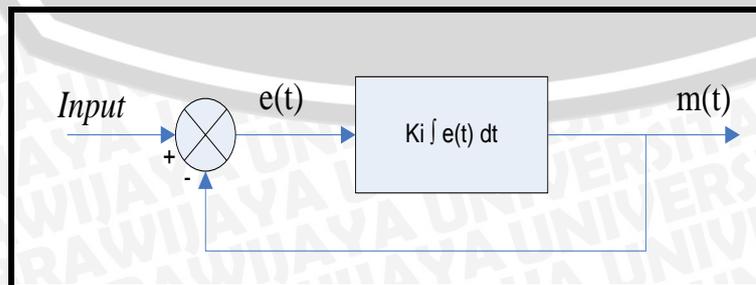
Gambar 2.4 Diagram Blok Kontroler Proporsional (Ogata K., 1997)

**2.4.2 Kontroler I (Integral)**

Kontroler integral memiliki kemampuan untuk mengurangi *offset* yang ditinggalkan oleh kontroler proporsional. Harga keluaran kontroler  $m(t)$  diubah dengan laju sebanding dengan sinyal kesalahan penggerak  $e(t)$  (Ogata K., 1997). Persamaan kontroler Ki ditunjukkan dalam persamaan 2.3.

$$\frac{dm(t)}{dt} = Ki e(t) \dots\dots\dots (2.3)$$

Ki adalah penguatan integral. Gambar 2.5 menunjukkan diagram blok kontroler integral.



Gambar 2.5 Diagram Blok Kontroler Integral (Ogata K., 1997)



Adapun persamaan matematis untuk pengendali integral adalah:

$$U(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Fungsi alih untuk pengendali integral:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana  $K_i$  merupakan Konstanta pengendali integral.

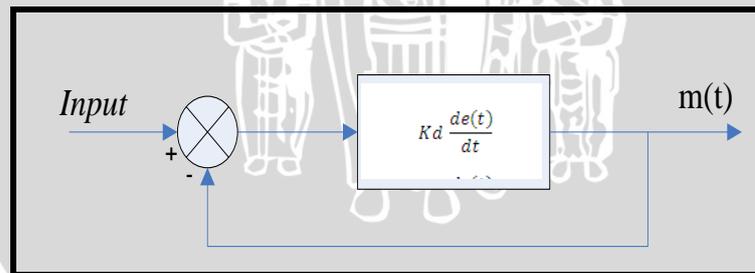
### 2.4.3 Kontroler D (Differensial)

Kontroler ini digunakan untuk memperbaiki atau mempercepat respon ransien sebuah sistem kontrol dengan cara memperbesar *phase lead* terhadap penguatan control dan mengurangi *phase lag* penguatan tersebut (Ogata K., 1997)

Kontroler differensial tidak dapat mengeluarkan *output* bila tidak ada perubahan *input*, selain itu kontroler differensial tidak dapat digunakan untuk proses yang mengandung *noise*. Hubungan antara keluaran kontroler  $m(t)$  dan sinyal kesalahan penggerak  $e(t)$  dinyatakan pada persamaan 2.6.

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_d \cdot s \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

$K_d$  adalah penguatan differensial. Gambar 2.6 menunjukkan diagram blok kontroler differensial.



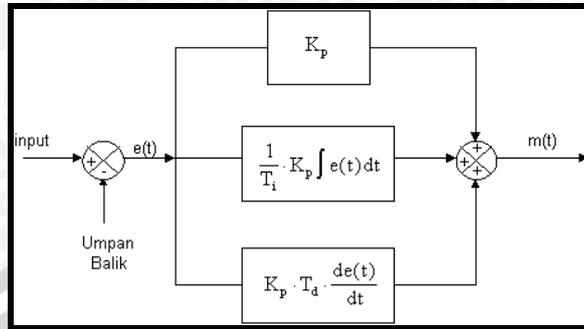
Gambar 2.6 Blok Diagram Kontroler Differensial (Ogata K., 1997)

### 2.4.4 Kontroler PID (Proporsional Integral Differensial)

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler proporsional, integral, maupun differensial dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi kontroler PID. Elemen-elemen kontroler P, I, dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan *offset* dan menghasilkan



perubahan awal yang besar. Kontroler PID memiliki diagram kendali seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Diagram Blok Kontroler PID (Ogata K., 1997)

Jenis kontroler ini digunakan untuk memperbaiki kecepatan respon, mencegah terjadinya kesalahan keadaan mantap serta mempertahankan kestabilan. (Ogata, K., 1997).

Aksi kontrolnya dinyatakan sebagai:

$$m(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p \cdot T_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

$m(t)$  = Output dari pengontrol PID atau *manipulated Variable*

$K_p$  = Konstanta proporsional

$T_i$  = Konstanta Integral

$T_d$  = Konstanta Derivatif

$e(t)$  = *error* (selisih antara *setpoint* dengan nilai proses)

Keluaran kontroler PID merupakan penjumlahan dari keluaran kontroler proporsional, integral, dan differensial. Gambar 2.7 menunjukkan hubungan tersebut. Karakteristik kontroler PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter penguatan nilai proporsional ( $K_p$ ), penguatan nilai integral ( $K_i$ ), dan penguatan nilai differensial ( $K_d$ ). Pengaturan nilai konstanta  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  akan mengakibatkan pengaruh yang besar dari masing-masing penguatan. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat dirangkaian lebih menonjol dibanding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah yang akan memberikan kontribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan.

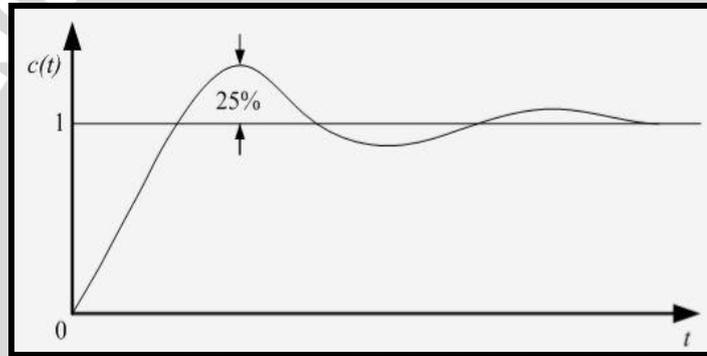


## 2.5 Metode Tuning PID

### Ziegler-Nichols Metode pertama

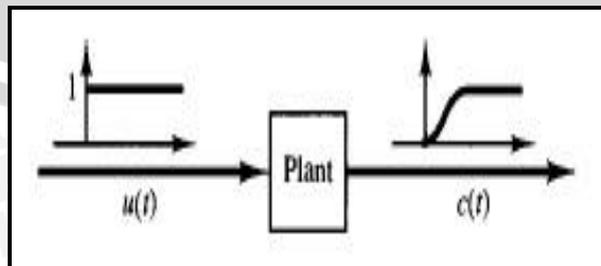
Ziegler dan Nichols mengemukakan aturan-aturan untuk menentukan nilai dari *gain* proporsional  $K_p$ , waktu integral  $T_i$ , dan waktu derivatif  $T_d$ . Berdasarkan karakteristik respon transien dari *plant* yang diberikan. Penentuan parameter kontroler PID atau penalaan kontroler PID tersebut dapat dilakukan dengan bereksperimen dengan *plant*. (Ogata, K., 1997)

Terdapat dua metode yang disebut dengan aturan penalaan Ziegler-Nichols, pada kedua metode tersebut memiliki tujuan yang sama yaitu untuk mencapai 25% *maximum overshoot* pada respon *unit step* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Kurva Respon Yang Menunjukkan 25% *Maximum Overshoot* (Ogata, K., 1997)

Metode pertama Ziegler-Nichols atau sering disebut metode kurva reaksi, respons dari *plant* dapat diperoleh secara eksperimental dengan masukan berupa *unit step*, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.9. Jika kurva ini tidak berbentuk S maka metode ini tidak bisa diterapkan.

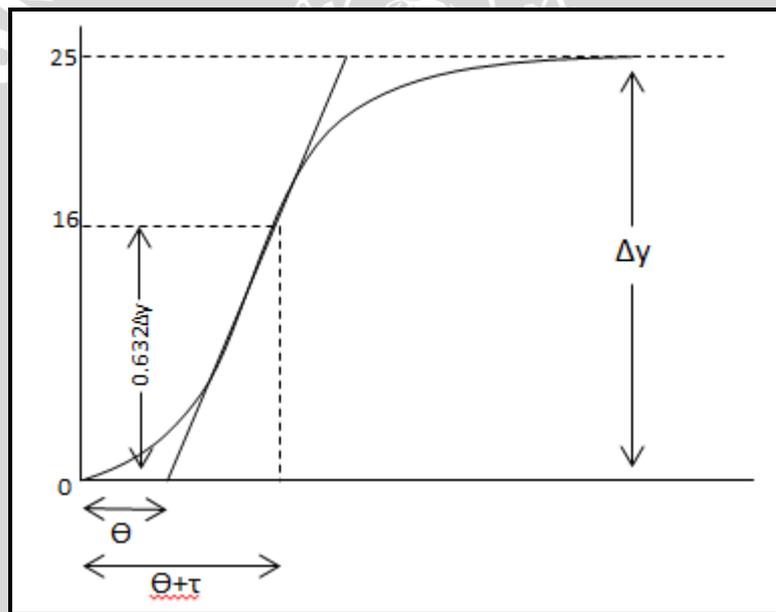


Gambar 2.9 Kurva S (Ogata K., 1997)

Kurva bentuk S memiliki karakteristik dengan 3 buah konstanta, yaitu Proses *Gain* ( $K$ ), *dead time* ( $\Theta$ ), dan *time constant* ( $T$ ). Nilai Proses *Gain* didapatkan dari pembagian antara nilai  $\Delta y$  dengan  $\Delta u$ , dimana  $\Delta y$  adalah selisih antara nilai setelah *steady* dengan nilai awal dan  $\Delta u$  adalah *step input*, lihat persamaan 2.8.

$$K = \frac{\Delta y}{\Delta u} \dots\dots\dots (2.8)$$

Nilai *dead time* diperoleh dengan menggambar garis tangensial pada titik infleksi kurva S dan nilai *time constant* diperoleh dengan mengalikan nilai  $\Delta y$  dengan 0,632. Setelah mendapatkan nilai hasil perkaliannya lalu tarik garis horizontal mencapai garis respon setelahnya buat garis vertikal dari titik pertemuannya menuju tegak lurus menuju garis axis, lihat Gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Step Respon Plant* yang Didapatkan dari Eksperimental

Dari Gambar 2.14 maka kita dapatkan persamaan 2.9.

$$G(s) = \frac{K e^{-\Theta s}}{\tau s + 1} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana,

$K$  = *Process Gain*

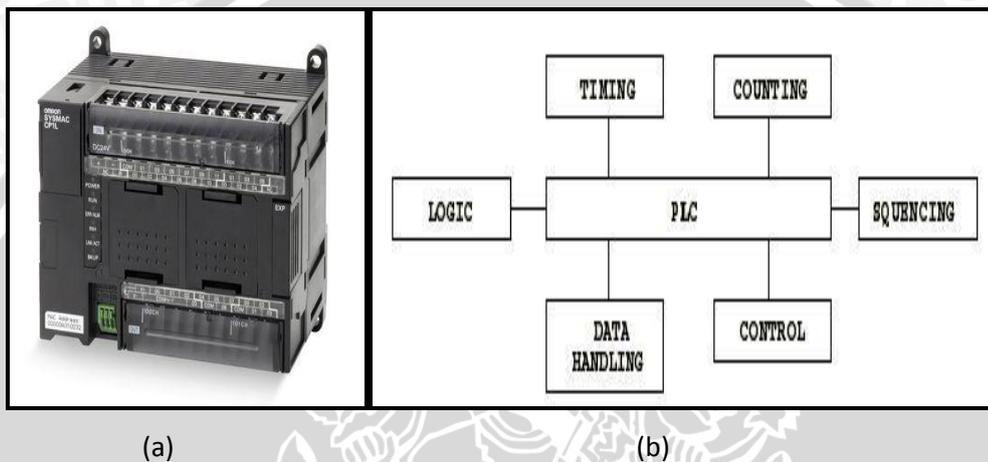
$\Theta$  = *Dead Time*

$\tau$  = *Time Constant*



## 2.6 Programmable Logic Controller (PLC)

*Programmable logic controller* (PLC) seperti yang ditunjukkan Gambar 2.11 (a) adalah suatu perangkat elektronik digital dengan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi yang menjalankan fungsi-fungsi spesifik seperti: logika, sekuen, *timing*, *counting*, dan aritmatika untuk mengontrol suatu mesin industri atau proses industri sesuai dengan yang diinginkan. Gambar 2.11 (b) adalah gambar mengenai fungsi kerja PLC.



Gambar 2.11 (a) PLC Omron CP1L (b) Fungsi Kerja PLC (google.com/image)

PLC mampu mengerjakan suatu proses terus menerus sesuai variabel masukan dan memberikan keputusan sesuai keinginan pemrograman sehingga nilai keluaran tetap terkontrol. PLC memiliki perangkat masukan dan keluaran yang digunakan untuk berhubungan dengan perangkat luar seperti sensor, rele, kontaktor dll. Bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengoperasikan PLC berbeda dengan bahasa pemrograman biasa. Bahasa yang digunakan adalah *Ladder*, yang hanya berisi masukan, proses dan keluaran. Disebut *Ladder*, karena bentuk tampilan bahasa pemrogramannya memang seperti tampilan tangga. Ada beberapa konsep PLC diantaranya:

### a. Programmable

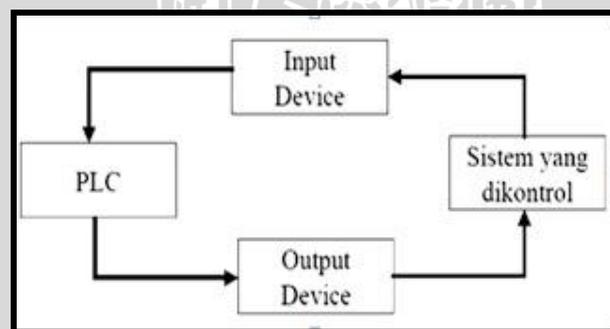
Menunjukkan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan program yang telah dibuat dan dengan mudah diubah fungsi dan kegunaannya.

### b. Logic

Menunjukkan kemampuan PLC dalam memproses masukan (*input*) secara aritmatik yakni melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, dan mengurangi.

### c. Controller

Menunjukkan kemampuan PLC dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan keluaran (*output*) yang diinginkan. PLC adalah suatu perangkat yang dapat di program dengan mudah untuk mengontrol peralatan dalam sistem yang akan dikontrol dalam bidang industri pengguna mesin otomatis dan proses secara otomatis. Pengontrolan dengan sistem elektromagnetik yang menggunakan rele – rele mempunyai banyak kelemahan. Diantaranya kontak-kontak rele yang mudah aus karena panas, terbakar atau hubung singkat membutuhkan biaya yang besar untuk instalasi, pemeliharaan dan modifikasi dari sistem yang telah dibuat. Dengan menggunakan PLC hal tersebut dapat diatasi, karena PLC mengintegrasikan berbagai macam komponen yang berdiri sendiri menjadi suatu sistem kendali terpadu dan dengan mudah dimodifikasi tanpa mengganti semua instrument yang ada. Gambar 2.12 adalah gambar diagram blok prinsip kerja PLC.



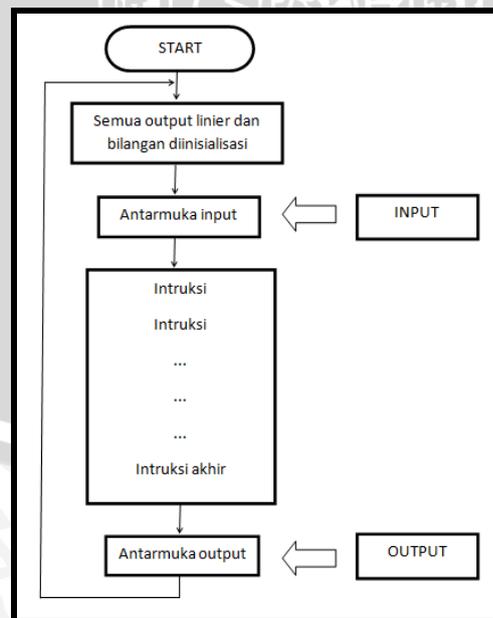
Gambar 2.12 Diagram Blok Prinsip Kerja PLC (elektroindonesia.com)

PLC ini dirancang untuk menggantikan suatu rangkaian relay sequensial dalam suatu sistem kontrol. Selain dapat diprogram, alat ini juga dapat dikendalikan dan dioperasikan oleh orang yang tidak memiliki pengetahuan dibidang pengoperasian komputer secara khusus. PLC ini memiliki bahasa pemrograman yang mudah dipahami dan dapat dioperasikan bila program yang telah dibuat dengan menggunakan *software* CX-One Versi 8.1 yang sesuai dengan

jenis PLC tipe CP1L yang digunakan dan sudah dimasukkan. Alat ini bekerja berdasarkan *input-input* yang ada dan dapat diprogram kembali dari keadaan suatu waktu tertentu yang kemudian akan menghidupkan atau mematikan *output-output*. Logika 1 pada PLC menunjukkan bahwa keadaan yang diharapkan terpenuhi sedangkan, logika 0 pada PLC menunjukkan bahwa keadaan yang diharapkan tidak terpenuhi. PLC juga dapat diterapkan untuk pengendalian sistem yang memiliki *output* banyak.

### 2.6.1 Prinsip Kerja PLC

Program kendali PLC akan bekerja dengan urutan langkah seperti digambarkan pada diagram alir seperti dalam Gambar 2.13. Pertama PLC melalui modul *input*-nya akan membaca sinyal masukan yang diterima dari komponen-komponen *input* (sensor, saklar, *output* mesin, dsb) dan tersimpan di modul antarmuka *input* yang tersedia dalam PLC. Selanjutnya program kendali dalam bentuk diagram tangga (*ladder diagram*) akan mengendalikan intruksi-intruksi untuk mengubah sinyal *input* menjadi sinyal *output* (sesuai intruksi) dan menyimpannya pada modul antar muka *output*. Jadi PLC akan bekerja berdasarkan program kendali yang telah dibuat dan bukan karena sinyal yang diterima dari perangkat *input*.



Gambar 2.13 Flowchart Prinsip Kerja PLC (PLC Omron CP1L User Manual)

## 2.6.2 Perangkat Keras PLC CP1L

### a. Central Processing Unit (CPU)

*Central Processing Unit* berfungsi untuk mengambil intruksi dari memori, mengkodekan dan kemudian mengeksekusi intruksi tersebut. Selama proses tersebut CPU akan menghasilkan sinyal kontrol kemudian memindahkan data ke *port* I/O atau sebaliknya. Melakukan fungsi aritmatika dan logika. CPU pada umumnya terdiri atas 3 (tiga) unsur utama yaitu processor, sistem memori dan catu daya. Arsitektur CPU dapat berbeda-beda untuk setiap merk misalnya saja catu dayanya berada di luar CPU.

### b. Unit catu daya

Catu daya listrik digunakan untuk memberikan pasokan catu daya ke seluruh bagian PLC (termasuk CPU, memori, dan lain-lain). PLC Omron tipe CP1L bekerja dengan catu daya 24V DC atau 220V AC. Ada beberapa PLC yang memiliki catu daya terpisah. Biasanya yang seperti itu dimiliki oleh jenis PLC yang besar, sedangkan jenis PLC yang sedang atau yang kecil catu dayanya menjadi satu.

Catu daya listrik ini tidak digunakan untuk memberikan daya langsung ke masukan atau keluaran, artinya masukan dan keluaran murni merupakan sebuah saklar. Operator harus menyediakan sendiri catu daya yang terpisah untuk masukan dan keluaran PLC, atau dengan memanfaatkan keluaran 24V DC dari PLC. Dengan cara demikian, maka lingkungan industri di tempat PLC digunakan tidak akan merusak PLC itu sendiri karena memiliki catu daya yang terpisah antara PLC dengan jalur-jalur masukan dan keluaran.

### c. Unit Pemrograman

Unit pemrograman digunakan untuk memasukkan program yang dibutuhkan ke dalam memori. Program ini merupakan *software* yang menghubungkan antara PLC dengan CPU. Dengan adanya unit pemrograman maka fungsi-fungsi yang akan dimasukkan (*download*) ataupun diunggah (*upload*) dapat dilakukan. Disinilah sistem kerja yang akan dirancang dan diolah oleh PLC. Setiap jenis ataupun merk PLC memiliki masing-masing *software* yang berbeda dengan yang lain seperti misalnya program Melseft GX pada PLC Mitsubishi, XG5000 pada

PLC XGB, dan Syswin dan CX-One pada PLC Omron. (Omron CP1L, *Introduction manual* 2009).

#### **d. Unit Memori**

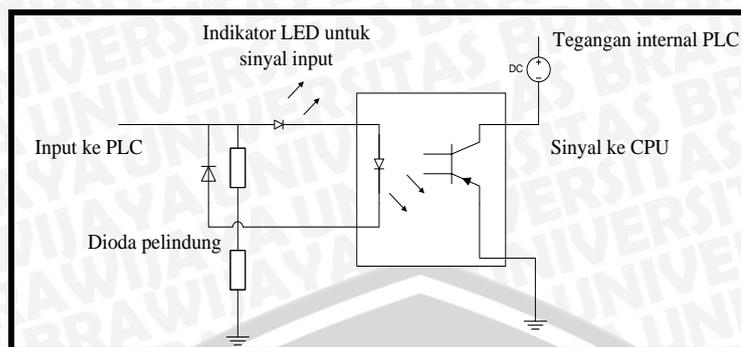
Memori pengguna dibagi menjadi beberapa *blok* yang memiliki fungsi khusus. Beberapa bagian memori digunakan untuk menyimpan status masukan dan keluaran. Status yang sesungguhnya dari masukan maupun keluaran disimpan sebagai logika “0” dan “1” (dalam lokasi bit memori tertentu). Masing-masing masukan atau keluaran berkaitan dengan sebuah bit dalam memori. Sedangkan bagian lain dari memori digunakan untuk menyimpan isi variabel-variabel dalam pemrograman yang dituliskan, misalnya *timer* (pewaktu) atau nilai *counter* (pencacah).

#### **e. Unit Input**

##### **• Unit Input Digital**

Modul antar masukan ini berfungsi untuk mengkonversi atau mengubah sinyal-sinyal masukan dari luar menjadi sinyal yang sesuai dengan tegangan kerja CPU, misalnya masukan dari sensor dengan tegangan kerja 24V DC harus dikonversikan menjadi tegangan 5V DC agar sesuai dengan tegangan kerja CPU. *Input* digital atau *input* diskrit hanya mengenali kondisi *on* atau *off*, atau mempunyai dua kemungkinan kondisi, yaitu 0 dan 1.

Pengisolasian listrik dari sumber listrik biasanya dilakukan dengan isolator optik (optocoupler). Pada Gambar 2.14 ditunjukkan bahwa ketika sebuah pulsa digital melewati diode pemancar cahaya (LED), sebuah radiasi inframerah dibangkitkan. Pulsa ini terdeteksi oleh fototransistor dan mengakibatkan timbulnya tegangan pada rangkaian fototransistor tersebut. Konfigurasi rangkaian seperti ini memungkinkan sebuah pulsa digital pada satu sisi rangkaian membangkitkan sebuah pulsa digital baru pada sisi rangkaian lainnya yang sama sekali tidak tersambung secara elektronik, tetapi tersambung secara optik, tujuannya adalah melindungi CPU dari sinyal-sinyal yang tidak dikehendaki yang bisa merusak CPU.



Gambar 2.14 Digital *Input* PLC (PLC Omron CP1L *User Manual*)

- **Unit *Input* Analog**

*Unit input* analog berfungsi untuk menangani sinyal analog dan mengkonversikannya ke bentuk digital dengan menggunakan sebuah konverter analog ke digital sehingga dapat diproses oleh prosesor. Kisaran *input* analog adalah sebagai berikut 0-10V DC, 0-10VAC, -10V hingga +10V DC, 4-20mA DC.

PLC mempunyai kemampuan untuk menggunakan modul tambahan yang mempunyai kemampuan khusus, diantaranya seperti modul *input/output* analog. Dengan demikian hal ini cukup memudahkan bagi pengguna untuk *wiring* alat yang akan dikendalikan oleh PLC.

f. **Unit *Output***

- **Unit *Input* Digital**

Sinyal dari *output* PLC mengaktifkan sebuah rele sehingga mampu menyambungkan arus beberapa ampere ke dalam rangkaian *eksternal*. *Output* tipe rele dapat menangani pensaklaran DC maupun AC.

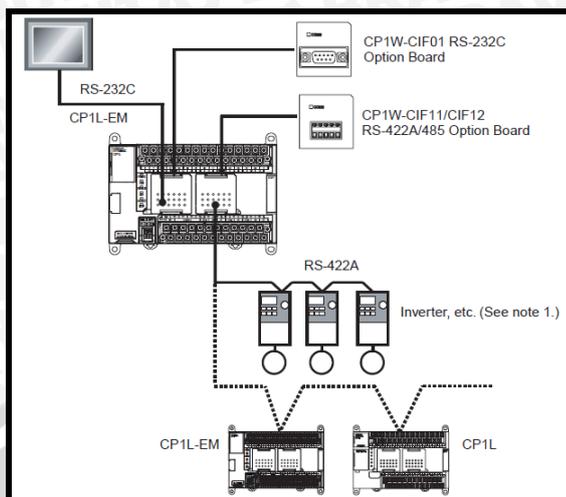
- **Unit *Output* Analog**

*Output* analog berfungsi untuk mengubah sinyal digital dari CPU menjadi sinyal analog pada keluaran PLC. Prinsip kerja modul *output* analog berlawanan dengan prinsip kerja modul *input* analog.

## 2.7 Pengawatan PLC

- **Pengawatan CPU PLC**

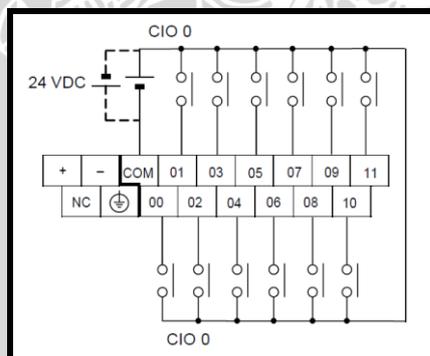
Pengawatan standar CPU PLC CP1L dapat dilihat dalam Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Diagram Pengawatan Standar PLC Omron CP1L (PLC Omron CP1L User Manual)

- **Pengawatan Modul *Input Digital* PLC**

Diagram pengawatan pada PLC CP1L (*input digital*) dapat dilihat dalam Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Pengawatan *Input Digital* PLC CP1L (PLC Omron CP1L User Manual)

## 2.8 Pemrograman PLC

Secara umum, sistem pemrograman PLC dapat dilakukan dengan dua cara, pertama, rancangan rangkaian kontrol yang telah diprogram dalam diagram tangga atau *ladder* diagram langsung dapat diprogram tanpa harus mengubah dahulu ke fungsi *mnemonic*-nya. Kedua, rancangan rangkaian kontrol diubah dahulu ke fungsi *mnemonic*-nya (dikodekan dulu), sesuai dengan tombol-tombol yang ada pada papan ketik PLC.

Demikian juga, untuk sistem pemantauannya atau untuk memonitor programnya ada dua jenis tampilan, yaitu dapat langsung ditampilkan dalam bentuk diagram tangga (khusus pada tampilan monitor komputer program) sesuai dengan rancangan kontrol atau dapat juga ditampilkan dalam fungsi *mnemonic*-nya (pada tampilan layar LCD *program console*). (*CX-One Guide Programmer User Manual*)

### 2.8.1 Dasar-Dasar Pemrograman

Dasar-dasar dari pemrograman dari *Programmable Logic Controller* (PLC) dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan diskripsi kerja sistem yang akan dikontrol.
2. Menentukan peralatan *input/output* yang dipakai kedalam PLC I/O bit yaitu peralatan eksternal yang akan mengirim/menerima sinyal dari PLC.
3. Menentukan simbol-simbol *ladder* diagram untuk menggambarkan rangkaiannya.
4. Menggunakan program CX-One, untuk mengubah *ladder* diagram kedalam kode *mnemonic* agar CPU PLC dapat mengerjakannya.
5. Memindahkan program yang telah ditulis/ digambar kedalam memori PLC.
6. Memperbaiki kesalahan pemrograman jika terjadi kesalahan pada program yang telah dibuat, sehingga menjadi benar.
7. Menjalankan program pada PLC dan mengetes kesalahan program *execution*.

### 2.8.2 Konsep Pembuatan Program Dengan *Ladder* Diagram

Hubungan kontak-kontak diagram tangga yang ada dalam CPU PLC terangkai secara elektronik, sehingga tidak memerlukan kawat penghubung seperti pada rangkaian kontrol secara konvensional.

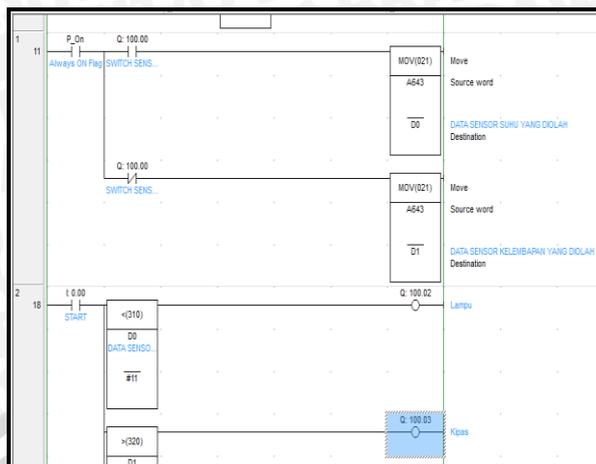
Adapun ketentuan-ketentuan dalam penyusunan rangkaian ke diagram tangga adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan rangkaian kontrol diusahakan untuk menggunakan kontak seminimum mungkin, sehingga efisiensi kerja dari PLC dapat ditingkatkan dan alamat-alamat serta data-data dalam *register* digunakan sehemat mungkin, sehingga tidak melebihi kapasitas memori yang telah ditetapkan.

2. Kondisi sinyal yang mengalir pada rangkaian logika PLC selalu datang dari arah kiri menuju ke arah kanan.
3. Tidak ada satu koil atau rele *output* yang dapat dihubungkan langsung pada busbar bagian kiri. Jika diperlukan rele *output* bekerja terus menerus, maka di antara busbar kiri dengan *output* diberi kontak NC dari *internal Auxiliary Relay* yang tidak digunakan.
4. Busbar sebelah kanan dari diagram tangga boleh tidak digambar, karena hubungan busbar tersebut telah tersambung secara otomatis pada PLC.
5. Semua *output* dilengkapi dengan kontak - kontak bantu yang dapat digunakan secara seri maupun paralel.
6. Jumlah kontak-kontak NO dan NC dapat dihubungkan secara seri maupun paralel dengan tak terbatas sesuai dengan kebutuhan.
7. Tidak ada kontak yang dapat diprogram atau disisipkan setelah *output* atau dengan kata lain antara busbar sebelah kanan dan hasil *output* tidak boleh disisipi kontak.
8. Pengkodean nomor-nomor kontak dan nomor-nomor koil *output*, termasuk *timer*, *counter* dan lain-lain disesuaikan dengan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh pabriknya.
9. Sebuah *output* koil, termasuk *timer*, *counter* tidak dapat digunakan untuk lebih dari satu kali.
10. Dua atau lebih koil *output*, termasuk *timer*, *counter* dapat dihubungkan secara paralel.
11. Program rangkaian dieksekusi oleh CPU secara berurutan, mulai dari alamat yang pertama sampai dengan alamat yang terakhir pada program.

### 2.8.3 Menggambar Ladder Diagram

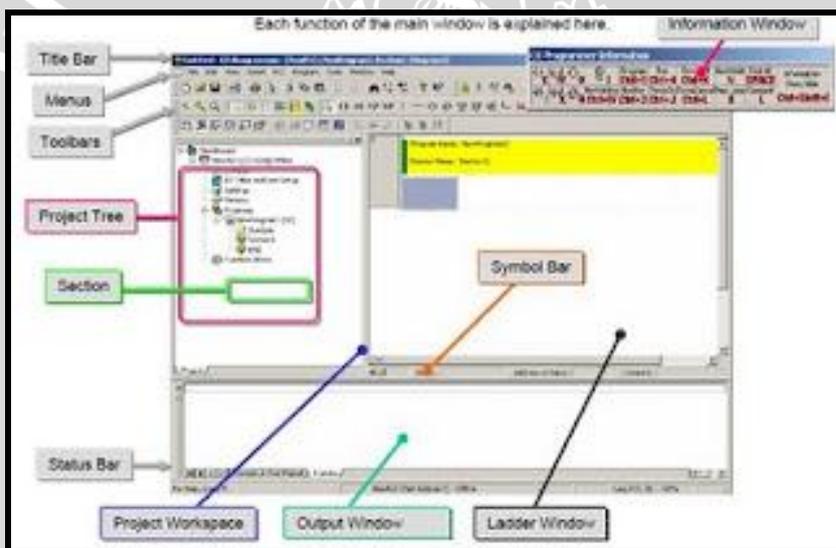
Untuk membedakan peralatan-peralatan yang akan dikontrol serta bagaimana hubungan peralatan satu dengan yang lainnya dan waktu pelaksanaan pengontrolan harus dilaksanakan untuk kemudian dituliskan atau digambarkan ladder diagramnya seperti yang ditunjukkan Gambar 2.17. Dalam ladder diagram terdapat kombinasi huruf dan digit angka yang mempunyai ketentuan masing-masing. Diantaranya terdapat *address* untuk memori bit I/O demikian pula digit *work bit* untuk *timer* dan *counter*.



Gambar 2.17 Contoh Ladder Diagram (Perancangan)

### 2.8.4 Menggunakan Program CX-One

Gambar 2.18 Berikut ini merupakan tampilan dari program CX-One versi 8.1.



Gambar 2.18 Tampilan Dasar Program CX-One Versi 8.1 (PLC Omron CP1L User Manual)

#### Deskripsi Gambar

- Title Bar*: Menunjukkan nama file yang akan disimpan di *CX-Programmer*.
- Menu*: Untuk memilih menu *item*.
- Tool Bar*: Berisi *tools* untuk mengedit *ladder*, *View* dan menu standar lainnya.
- Project Tree*: Mengatur program dan data, dapat meng-*copy* program atau dapat *drag* dan *drop* untuk di *copy* antara *project* yang berbeda atau yang sama.



- e. *Ladder Windows*: Layar untuk menulis dan mengedit program *ladder*.
- f. *Status Bar*: Menunjukkan Status PLC *Online/ Offline*, nama PLC dan lokasi *active* sel.
- g. *Output Windows*: Menampilkan *error compilling* , menampilkan pencarian *contact* dan menampilkan *error* ketika program sedang berjalan.
- h. *Informasion Windows*: Menampilkan *shortcut* program, informasi ini dapat di *hide* atau *unhide*.
- i. *Simbol Bar*: Menampilkan nama *address* atau nilai suatu *contact* atau *coil* dari penunjukan kursor.

### 2.8.5 Intruksi Dasar PLC

Pengguna biasanya menggunakan instruksi secara langsung dalam program yang cenderung rumit. Padahal perlu diketahui apa saja instruksi yang bisa digunakan dalam program. Dengan demikian instruksi menjadi lebih sederhana dalam pembuatan *ladder* diagram. Semakin baik metode untuk menentukan variabel dalam program maka semakin memudahkan program untuk mengeksekusi secara cepat. Dalam CX-One terdapat tiga bagian yang digunakan untuk memudahkan dalam pembuatan *ladder* diagram yaitu *Variable*, *Device*, dan Jendela Memori.

#### 1. *Variable*

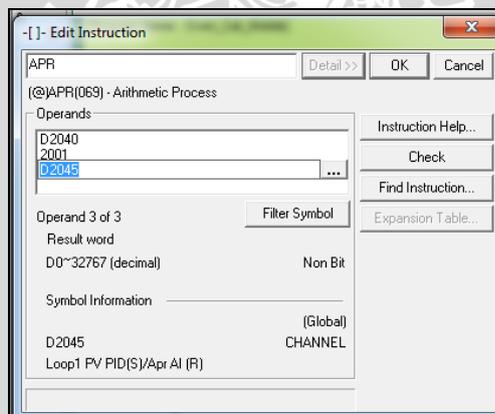
Digunakan untuk melihat jenis dari *device* yang tersedia pada program. Biasanya digunakan saat program yang dikerjakan berupa data, sehingga data-data yang akan digunakan dalam operasi aritmatika perlu diketahui dulu jenis datanya. Selain itu terdapat *variable* tertentu yang sudah mempunyai tugas khusus. Gambar 2.19 menunjukkan tampilan untuk melihat jenis *variable*. (CX-One *Guide Programmer User Manual*)

Name	Data Type	Address / Value	Rack Locati...	Usage	Comment
BOOL		336.05		Work	PID1 set select reset
CHANNEL		2001		Work	AB
CHANNEL		2002		Work	AB2
CHANNEL		2003		Work	Input Brightnessmeter
CHANNEL		2011		Work	AD 1
CHANNEL		2012		Work	AD 2
CHANNEL		2013		Work	AD 3
CHANNEL		2026		Work	AD14
BOOL		C0020		Work	sec counter pm0 run
BOOL		C0021		Work	Min counter pm0 run
BOOL		C0022		Work	Hr counter pm0 run
BOOL		C0023		Work	sec counter ch0 pm1 run
BOOL		C0024		Work	Min counter ch0 pm1 run
BOOL		C0025		Work	Hr counter ch0 pm1 run
BOOL		C0026		Work	sec counter pm2 run
BOOL		C0027		Work	Min counter pm2 run
BOOL		C0028		Work	Hr counter pm2 run
BOOL		C0029		Work	sec counter ch0 pm2 run
BOOL		C0030		Work	Min counter ch0 pm2 run
BOOL		C0031		Work	Hr counter pm2 run
CHANNEL		D102		Work	Loop1 SV high limit
CHANNEL		D103		Work	Loop1 SV low limit
CHANNEL		D104		Work	Loop2 MH high limit
CHANNEL		D105		Work	Loop2 MH low limit

Gambar 2.19 Tampilan Untuk Melihat Variabel Yang Tersedia (PLC Omron CP1L User Manual)

## 2. Device

Digunakan untuk melihat *device* yang sudah atau belum digunakan dalam pembuatan program. Gambar 2.20 menunjukkan *device* yang ada dalam program PLC CP1L.



Gambar 2.20 Tampilan Untuk Melihat *Device* yang Tersedia (PLC Omron CP1L User Manual)

## 3. Jendela Memory Area

*Flag* merupakan fungsi yang memiliki *Memory Area*. Disini terdapat berbagai macam fungsi yang digunakan dalam pengerjaan program yang lebih rumit seperti program pemantauan proses algoritma yang dijalankan PID pada CX-One. Misalnya seperti dalam Gambar 2.21 yang menunjukkan jendela memori yang tersedia.



## BAB III METODOLOGI

Kajian dalam skripsi ini merupakan penelitian yang bersifat aplikatif pada dunia teknologi pangan. Dengan merancang suatu pengendalian suhu dan kelembaban pada ruang pematangan keju menggunakan kontroler PLC yang bertujuan untuk mendapatkan peningkatan hasil produksi.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur
2. Perancangan dan realisasi pembuatan alat
3. Pengujian dan analisa alat
4. Pengambilan kesimpulan

### 3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan dasar tentang segala sesuatu yang mendukung perancangan serta pembuatan alat pengendali suhu dan kelembaban pada proses pematangan keju. Data-data yang dibutuhkan dalam pembuatan alat ini diambil dari buku, jurnal, artikel laporan penelitian dan situs-situs di internet untuk mengetahui karakteristik komponen, prinsip kerja serta teori yang menunjang, antara lain:

1. Karakteristik keju gouda
2. Hal-hal yang berhubungan dengan proses pematangan keju
3. Karakteristik sensor-sensor yang digunakan, yaitu sensor suhu PT100 dan sensor kelembaban HSM-20G
4. Prinsip kerja kontroler PID
5. Informasi tentang PLC CP1L
6. Karakteristik spesifikasi pemrograman CX-One versi 8.1

### 3.2 Perancangan Dan Realisasi Pembuatan Alat

Untuk merealisasikan alat yang telah dirancang sebelumnya, tahapan-tahapan yang dilakukan adalah:

#### 3.2.1 Perancangan Alat Setiap Blok

Perancangan sistem dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektroniknya serta pemrogramannya. Hal ini dimaksudkan agar sistem pada pengendalian suhu dan kelembaban ruang pematangan dapat berjalan sesuai deskripsi awal yang telah direncanakan.

1. Pembuatan diagram blok sistem secara lengkap
2. Penentuan rangkaian elektronik yang digunakan, meliputi:
  - Rangkaian sensor
  - Rangkaian pengondisi sinyal
  - Rangkaian catu daya
3. Penentuan spesifikasi sistem, meliputi:
  - Penentuan deskripsi kerja sistem keseluruhan
  - Kontroler PLC serta rangkaian elektronik pendukung
4. Perancangan diagram *ladder* menggunakan *software* CX-One versi 8.1
5. Pengawatan dan pengkabelan untuk *input* dan *output*

#### 3.2.2 Realisasi Pembuatan Sistem Keseluruhan

Untuk merealisasikan alat yang sudah dirancang sebelumnya, tahapan-tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Menyelesaikan mekanik miniatur ruangan pematangan
- Pembuatan rangkaian elektronik meliputi komponen PLC, pengawatan dan pengkabelan untuk *input* dan *output* PLC, rangkaian catu daya, dan rangkaian pengondisi sinyal sensor.
- Pembuatan dan mensimulasikan diagram *ladder* sebelum dimasukkan ke dalam memori PLC

### 3.3 Pengujian Dan Analisa Alat

Setelah semua komponen pada alat sudah terhubung sesuai dengan diagram blok sistem yang telah dirancang dan *ladder* diagram program sudah dimasukkan

ke dalam memori PLC, maka dilakukan pengujian dan analisa alat sebagai berikut:

1. Menguji setiap blok rangkaian
2. Kalibrasi pada sensor yang digunakan
3. Menggabungkan semua blok rangkaian menjadi sebuah sistem
4. Melakukan pengujian alat secara keseluruhan
5. Mengevaluasi dan menganalisa pengujian sistem keseluruhan yang didapat

### **3.4 Pengambilan Kesimpulan**

Kesimpulan diambil berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian sistem secara keseluruhan. Apabila hasil yang didapatkan sesuai dengan yang direncanakan sebelumnya, maka sistem kendali tersebut telah berhasil memenuhi harapan dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.



## BAB IV

### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Dalam bab ini akan dibahas bagaimana merancang dan membuat sistem pengendali suhu dan kelembaban suatu ruangan tertutup. Ruangan tertutup ini merupakan model miniatur dari ruang pematangan keju. Perancangan ini meliputi perancangan perangkat keras serta perangkat lunak. Perancangan sistem ini harus dilakukan secara bertahap untuk memudahkan perancangan.

#### 4.1 Perancangan Sistem

Dengan menjabarkan deskripsi kerja sistem secara keseluruhan akan menambah kemudahan anda dalam perancangan. Sensor suhu dan kelembaban yang diletakkan didalam miniatur ruangan akan membaca kondisi didalam ruangan tertutup dan akan memberikan sinyal yang akan diproses oleh rangkaian pengondisi sinyal yang berupa rangkaian pembagi tegangan dan rangkaian *OP-AMP* sebagai masukan pada PLC. Karena PLC CP1L hanya memiliki satu masukan analog, maka perancang menggunakan relay sebagai *switching* sensor. Sensor suhu dan kelembaban akan berfungsi secara bergantian. Suhu didalam miniatur ruangan tertutup akan dijaga konstan pada suhu 10-12°C dengan memanfaatkan udara dingin dari evaporator. Begitu juga dengan kelembaban di dalam ruangnya akan dijaga konstan pada *setpoint* 75% dengan memanfaatkan *sprayer* yang menyemprotkan air dan lampu pijar.

Gangguan yang tidak bisa dihindarkan karena perubahan dari siang menjadi malam dan ketika hujan dan panas akibatnya suhu dan kelembaban akan berubah-ubah. Sensor suhu dan kelembaban yang mendeteksi tingkat suhu dan kelembaban tidak sesuai dengan *setpoint*, maka sensor akan akan mengirim sinyal ke PLC sehingga program pada PLC mulai dieksekusi hingga aktuator yang dibutuhkan akan menyala sampai suhu dan kelembabannya mencapai *setpoint* kembali.

Algoritma kontrol PID yang terdapat dalam program PLC berfungsi sebagai pengolah nilai masukan dari sensor hingga dapat mencapai *setpoint* yang sudah ditentukan dengan waktu tercepat. PID diberikan batas-batas pembacaan tertentu agar dapat memenuhi jumlah data yang disediakan oleh memori PLC. Respon yang dikeluarkan oleh PLC berupa sinyal PWM yang dimasukkan ke *input driver*

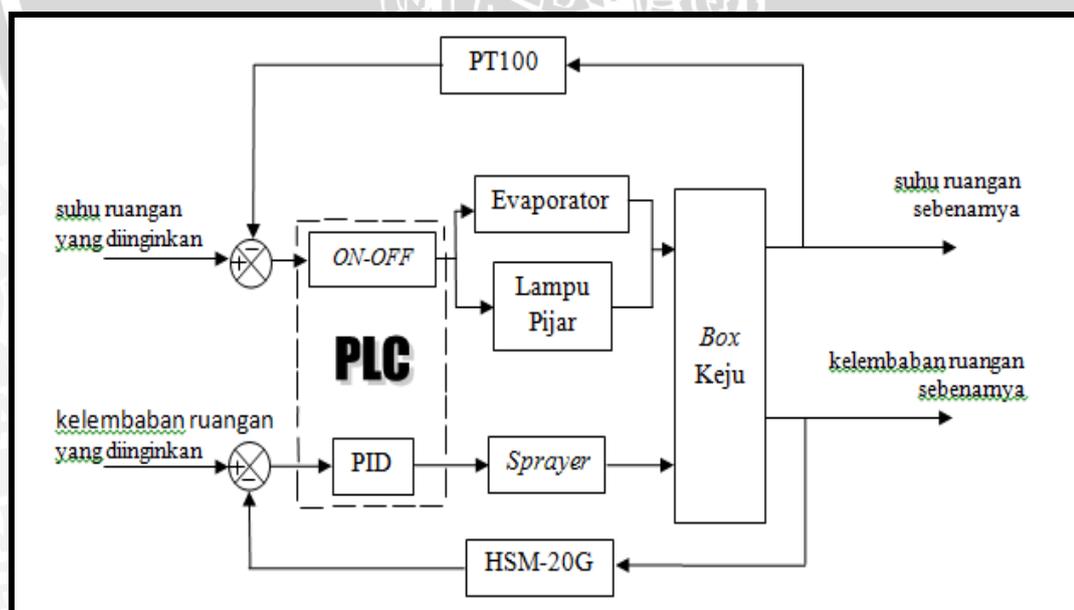
motor yang berfungsi sebagai pengontrol kecepatan putaran motor yang berpengaruh kepada besar semprotan air yang disemprotkan oleh *sprayer*.

#### 4.2 Spesifikasi Alat

Adapun spesifikasi alat yang akan direalisasikan adalah sebagai berikut:

1. Ruang pematangan yang digunakan merupakan miniatur yang memiliki panjang 45 cm, lebar 33 cm, tinggi 30 cm terbuat dari plastik.
2. Berskala 1:15 dengan ruang pematangan pabrik.
4. Sensor suhu yang digunakan adalah PT100 dan sensor kelembaban yang digunakan adalah HSM-20G.
5. PLC yang digunakan adalah jenis PLC CP1L.
6. Kontroler yang digunakan adalah kontroler PID.
7. *Software* yang digunakan untuk pemrograman diagram *ladder* adalah *software* CX-One.
8. Aktuator berupa lampu pijar, evaporator, dan *sprayer* yang menyemprotkan air.
9. Tampilan yang digunakan untuk memonitor adalah dari aplikasi *software* CX-One

#### 4.3 Diagram Blok Sistem



Gambar 4.1 Blok Diagram Sistem (Perancangan)

Keterangan blok diagram Gambar 4.1 adalah sebagai berikut:

1. Sensor PT100 dan HSM-20G yang berfungsi membaca kondisi suhu dan kelembaban ruangan tertutup miniatur (*box* keju) dan sebagai *input* untuk PLC.
2. Aktuator pengendali suhu yang digunakan adalah evaporator yang akan dikendalikan secara *ON-OFF*. Dan aktuator pengendali kelembaban yang digunakan adalah *sprayer* yang menyemprotkan air yang akan dikontrol dengan PID dan kipas yang bertiup keluar ruangan.
3. Motor DC 12 volt digunakan untuk memompa air dalam wadah.
4. *Driver* motor L298N yang digunakan sebagai perantara kontrol dengan masukan PWM dan keluaran analog.
5. PLC yang berfungsi sebagai pengontrol utama dan akses untuk seluruh sistem

#### 4.4 Prinsip Kerja Alat

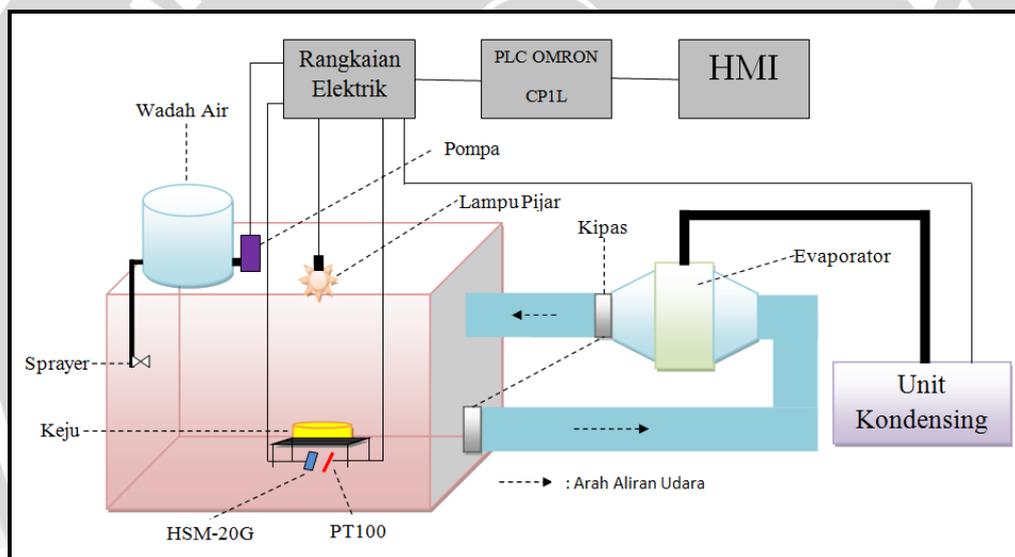
Cara kerja sistem adalah sebagai berikut:

1. Catu daya yang digunakan ada 4 macam yaitu sebesar 24 volt untuk mencatu PLC, 12 volt untuk mencatu rangkaian penguat tegangan, relay dan motor dc, 5 volt untuk mencatu rangkaian pengondisi sinyal HSM-20G dan *driver* motor L298N, dan 220 volt AC untuk mencatu lampu pijar dan unit kondensing.
2. Sensor suhu dan kelembaban akan mengirimkan keluaran berupa tegangan yang menjadi masukan analog pada PLC. Agar sinyal dari sensor dapat terbaca dengan PLC, maka dibuat rangkaian pengondisi sinyal berupa pembagi tegangan dan rangkaian *OP-AMP*. Masukan dari sensor kelembaban akan diproses oleh PLC dengan algoritma PID. Kemudian PLC memberikan *output* PWM yang dapat mengontrol putaran motor DC.
3. Lampu pijar sebagai pemanas dan penurun kelembaban akan bekerja secara *ON-OFF*. Dengan memanfaatkan relay yang dirancang sebagai *switching* dan konverter dari DC ke AC.
4. Pendingin yang digunakan sama seperti sistem pendingin di kulkas, dengan memanfaatkan udara dingin dari evaporator. Dengan memanfaatkan relay

yang dirancang sebagai *switching* dan konverter dari DC ke AC. Bekerja secara *ON-OFF*.

5. *Driver* motor L298N sebagai perantara antara *output* PLC dengan *input* motor DC sebagai pengendali putaran motor. Motor tersebut akan memompa air yang ada didalam wadah dan keluar didalam *box* dalam bentuk butiran air (seperti *sprayer*).
6. HMI digunakan sebagai monitor proses pematangan keju. Monitor tersebut mencakup informasi suhu dan tingkat kelembaban miniatur *box* keju.
7. Komunikasi antara PLC dengan PC (*Personal Computer*) menggunakan kabel RS232-USB. Sedangkan komunikasi antara PLC dengan HMI menggunakan kabel RS485.

Skema perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 4.2.



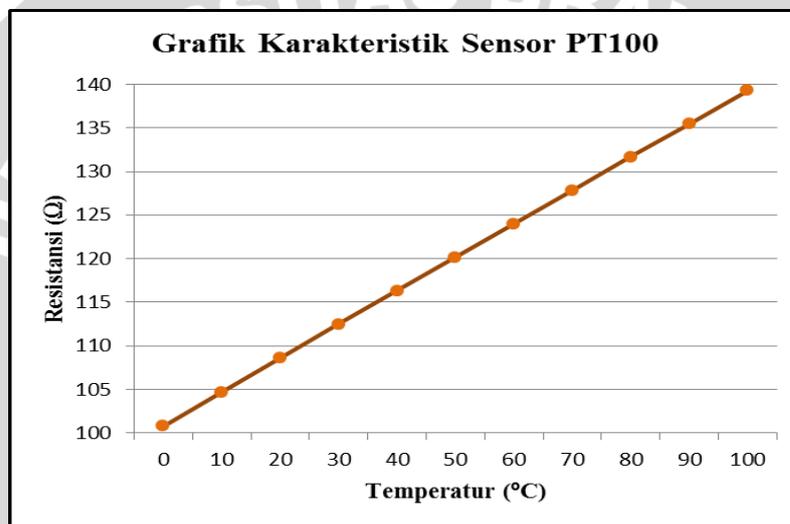
Gambar 4.2 Skema Keseluruhan Sistem (Perancangan)

#### 4.5 Perancangan Perangkat Keras

Berdasarkan diagram blok perancangan alat yang telah disusun, perancangan perangkat keras meliputi rangkaian pengondisi sinyal sensor-sensor, rangkaian *OP-AMP*, rangkaian pembagi tegangan, Rangkaian *switching* sensor, Rangkaian *driver* kontroler *ON-OFF* dan *driver* motor L298N. Berikut merupakan penjelasan masing-masing perancangan perangkat keras alat pengendali suhu dan kelembaban pada ruang pematangan keju:

#### 4.5.1 Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor PT100

Rangkaian pembagi tegangan sangat diperlukan agar keluaran dari sensor PT100 ini dapat dibaca oleh *input* PLC. Sebelum merancang rangkaian pembagi tegangan diperlukan informasi mengenai karakteristik sensor PT100 ini. Berdasarkan informasi yang ada di kajian teori, sensor PT100 merupakan sensor suhu jenis RTD (*Resistance Temperature Detector*) dengan koefisien positif. Sehingga perubahan temperatur akan berbanding lurus dengan resistansi. Gambar 4.3 menunjukkan grafik resistansi PT100 terhadap perubahan suhu pada rentang suhu 0-100 °C.



Gambar 4.3 Grafik Karakteristik PT100 (Datasheet)

Berdasarkan datasheet sensor PT100, maka dapat dicari fungsi persamaan resistansi PT100 terhadap perubahan suhu pada persamaan 4.1.

$$\frac{R_{PT100} - 100}{138,51 - 100} = \frac{T - 0}{100 - 0}$$

$$\frac{R_{PT100} - 100}{38,51} = \frac{T}{100}$$

$$R_{PT100} - 100 = 0,385T$$

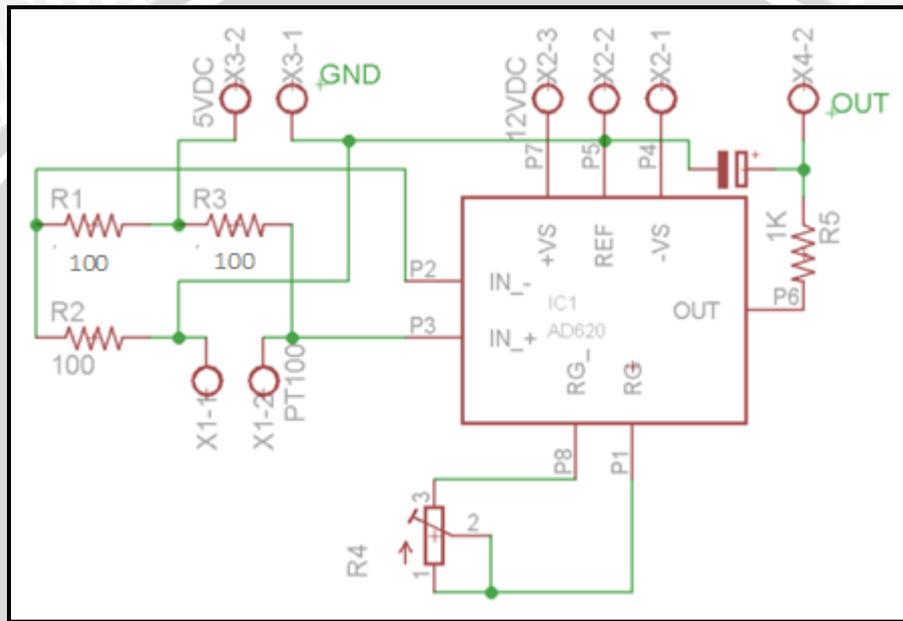
$$R_{PT100} = 0,385T + 100 \quad \dots \dots \dots (4.1)$$

Dimana,

$R_{PT100}$  = Resistansi sensor PT100 (Ω)

T = Temperatur (°C)

Keluaran sensor PT100 adalah resistansi. Oleh karena itu, diperlukan suatu rangkaian yang dapat mengubah besar resistansi sensor PT100 ke dalam tegangan agar perubahan suhu yang dideteksi oleh sensor PT100 dapat dideteksi pada perubahan level tegangan. Rangkaian yang dibutuhkan PT100 tersebut adalah rangkaian jembatan *wheatstone*. Selain jembatan *wheatstone* ada juga penguat tegangan *OP-AMP* AD620 dan *low-pass filter*. Gambar 4.4 menunjukkan skematik lengkap dari rangkaian pengondisi sinyal PT100.



Gambar 4.4 Rangkaian Pengondisi Sinyal PT100 (Perancangan)

Berikut ini akan dibahas mengenai penghitungan masing-masing bagian pada rangkaian pengondisi sinyal.

### 1. Rangkaian Jembatan *Wheatstone*

Untuk mengetahui tegangan keluaran jembatan *wheatstone* maka diperlukan nilai resistansi dari batas nilai suhu yang diinginkan. Untuk mendapatkan nilainya dengan menggunakan persamaan 4.1.

Pada suhu 0°C:

$$R_{PT100} = 100 + (0,385 \times 0^{\circ}\text{C})$$

$$R_{PT100} = 100 \Omega$$

Pada suhu 50°C:

$$R_{PT100} = 100 + (0,385 \times 50^{\circ}\text{C})$$

$$R_{PT100} = 119,25 \Omega$$

Berdasarkan Gambar 4.4 maka dapat dihitung nilai  $V_a$ ,  $V_b$ , dan  $\Delta V$  menggunakan rumus pembagi tegangan.

Pada suhu  $0^\circ\text{C}$ :

$$V_a = \frac{100}{200} \times 5 = 2,5 \text{ V}$$

$$V_b = \frac{100}{200} \times 5 = 2,5 \text{ V}$$

$$\Delta V_0 = 0 \text{ V}$$

Pada suhu  $50^\circ\text{C}$ :

$$V_a = \frac{119,25}{219,25} \times 5 = 2,7194 \text{ V}$$

$$V_b = \frac{100}{200} \times 5 = 2,5 \text{ V}$$

$$\Delta V_{50} = 0,2194$$

## 2. OP-AMP AD620

Penguat AD620 digunakan untuk menguatkan tegangan keluaran dari jembatan *wheatstone* dengan rentang tegangan antara 0-10 V sesuai dengan rentang tegangan yang dapat dibaca oleh *input* analog PLC. Besar penguatan ( $G$ ) dapat dihitung dengan persamaan 4.2.

$$G = \frac{10}{\Delta V_{50} - \Delta V_0} \dots\dots\dots (4.2)$$

$$G = \frac{10}{0,2194} = 45,578$$

Besar penguatan yang dilakukan AD620 diatur dengan memberikan nilai  $R_G$  yang sesuai. Besar  $R_G$  ditentukan dengan menggunakan persamaan 4.3 yang didapat dari *datasheet* AD620.

$$R_G = \frac{49400\Omega}{G - 1} \dots\dots\dots (4.3)$$

$$R_G = \frac{49400}{45,578 - 1} = 1108,17 \Omega$$

## 3. Low-pass Filter

Keluaran dari PT100 rentan terhadap *noise* sehingga perlu ditambahkan *low-pass filter* untuk mengurangi *noise* yang terjadi. Rangkaian ini dibuat dengan



komponen pasif yaitu R dan C yang masing-masing bernilai 1000  $\Omega$  dan 100  $\mu\text{F}$  agar dapat meredam frekuensi diatas 1,5923 Hz. Frekuensi *cut-off* pada *low-pass filter* dapat dihitung dengan persamaan 4.4.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \dots\dots\dots (4.4)$$

$$f_c = 1,5923$$

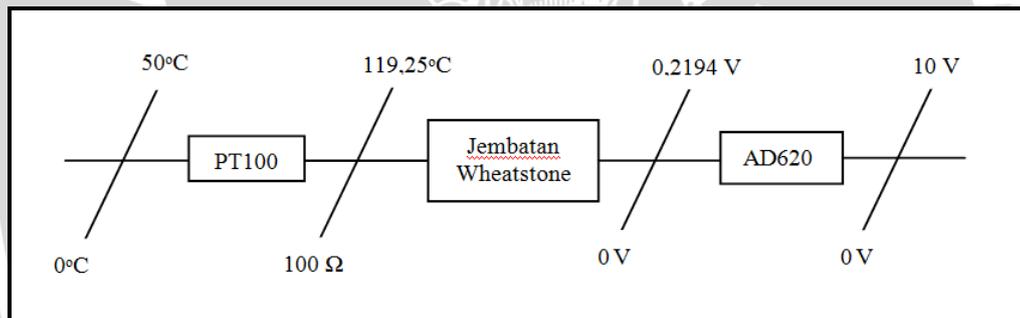
Dimana,

$f_c$  = Frekuensi *cut-off* (Hz)

R = Resistansi ( $\Omega$ )

C = Kapasitansi (F)

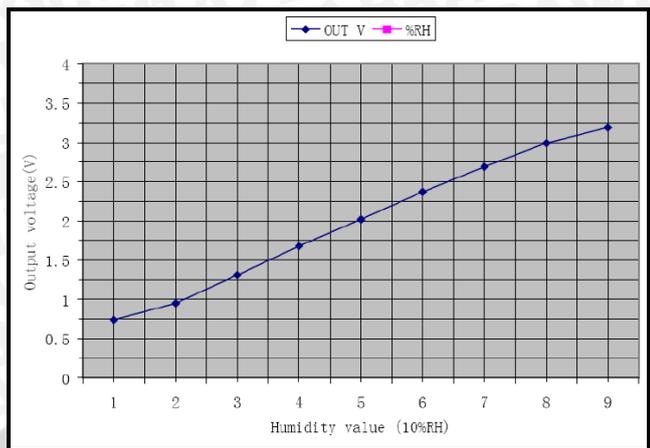
Ilustrasi skema *input output* rangkaian keseluruhan pengondisi sinyal berdasarkan perhitungan ditunjukkan oleh Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Skema *Input Output* Rangkaian Pengondisi Sinyal (Perancangan)

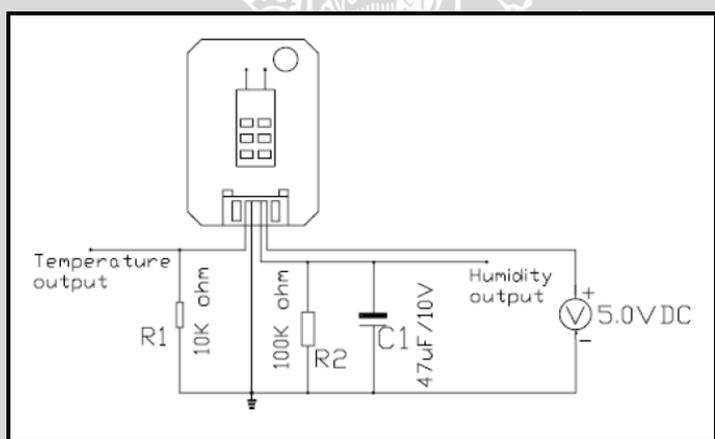
#### 4.5.2 Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor HSM-20G

Rangkaian pengondisi sinyal diperlukan agar keluaran sensor berupa tegangan dimana pembacaan untuk *input* analog adalah tegangan. Sebelum merancang diperlukan informasi tentang karakteristik tentang HSM-20G ini. Berdasarkan informasi yang didapat bahwa perubahan tingkat kelembaban berbanding lurus dengan tegangan. Gambar 4.6 menunjukkan grafik tegangan HSM-20G terhadap perubahan tingkat kelembaban pada suhu 25  $^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 4.6 Grafik Karakteristik HSM-20G (Datasheet)

Rangkaian pengondisi sinyal menggunakan perancangan yang tercantum pada datasheet HSM-20G. Gambar 4.7 menunjukkan rangkaian pengondisi sinyal yang disarankan datasheet.



Gambar 4.7 Rangkaian Pengondisi Sinyal HSM-20G (Perancangan)

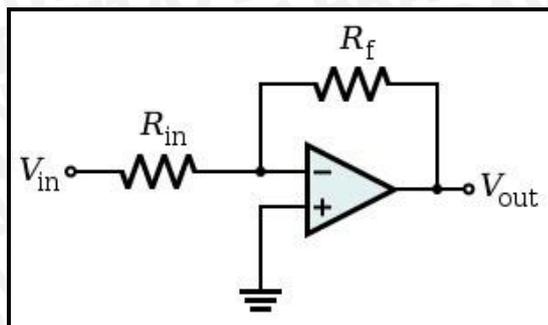
Tabel 4.1 Standar Karakteristik Tegangan Keluaran HSM-20G

%RH	10	20	30	40	50	60	70	80	90
OutputV	0.74	0.95	1.31	1.68	2.02	2.37	2.69	2.99	3.19

### 4.5.3 Rangkaian OP-AMP

Karena tegangan masukan analog dari PLC berkisar 0-10 volt dan tegangan keluaran maksimal dari sensor kelembaban HSM-20G sekitar 3,3 volt maka diperlukan rangkaian penguat tegangan. Gambar 4.8 menunjukkan perancangan rangkaian penguat tegangan.





Gambar 4.8 Rangkaian Penguat Tegangan (google.com/image)

Berikut perhitungan rangkaian penguat tegangan:

$$V_{out} = \left(\frac{R_f}{R_i} + 1\right)V_{in} \dots\dots\dots (4.5)$$

$$V_{out} = \left(\frac{2k\Omega}{1k\Omega} + 1\right) 3,3$$

$$V_{out} = 9,9 \text{ volt}$$

#### 4.5.4 Driver Motor L298N

*Driver* motor L298N seperti yang ditunjukkan Gambar 4.9 digunakan untuk mengendalikan putaran motor DC yang menjadi penggerak pompa. Modul ini dihubungkan dengan *output* dari PLC dengan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) sebagai *input*.

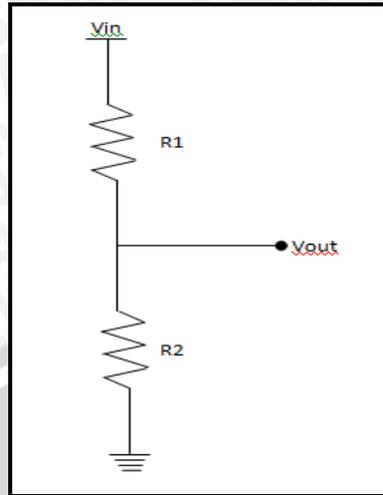


Gambar 4.9 *Driver* Motor L298N (google.com/image)

#### 4.5.5 Rangkaian Pembagi Tegangan

Tegangan keluaran dari PLC adalah 24 Volt DC sedangkan tegangan kerja maksimal dari *Driver* motor L298N adalah 7 Volt. Untuk menurunkan tegangan disini perancang menggunakan rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian pembagi tegangan perancangan ditunjukkan Gambar 4.10.





Gambar 4.10 Rangkaian Pembagi Tegangan (Perancangan)

Berikut perhitungan rangkaian pembagi tegangan:

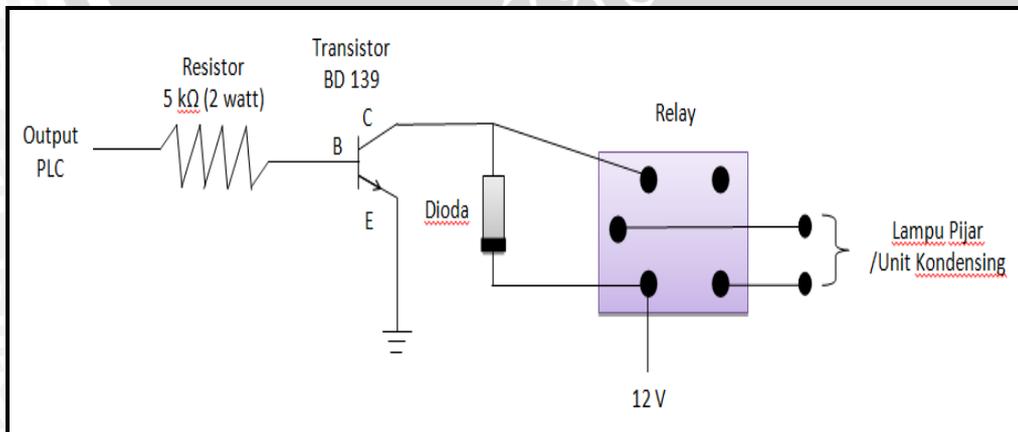
$$V_{out} = \frac{R2}{R1 + R2} \times V_{in} \quad \dots\dots\dots (4.6)$$

$$V_{out} = \frac{1k\Omega}{1k\Omega + 3,2k\Omega} \times 24 \text{ volt}$$

$$V_{out} = 5,714 \text{ volt}$$

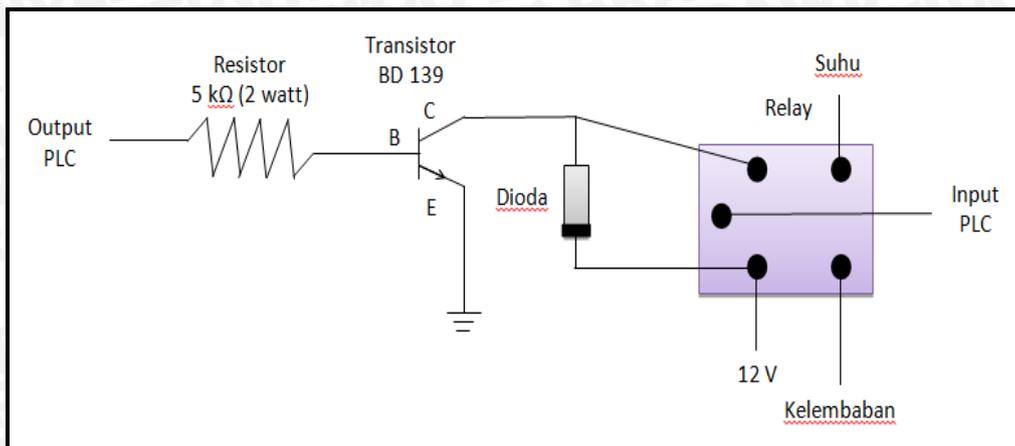
#### 4.5.6 Rangkaian Switching

Rangkaian *Switching* digunakan sebagai *inverter* atau pengubah tegangan DC dari keluaran PLC menjadi tegangan AC untuk menhidupkan lampu pijar, unit kondensung, dan sebagai *switching* sensor untuk masukan analog PLC. Gambar 4.11 menunjukkan rangkaian *inverter* untuk kontroler *ON-OFF* lampu pijar dan unit kondensung. Gambar 4.12 menunjukkan rangkaian *switching* sensor.



Gambar 4.11 Rangkaian *Inverter* untuk kontroler *ON-OFF*





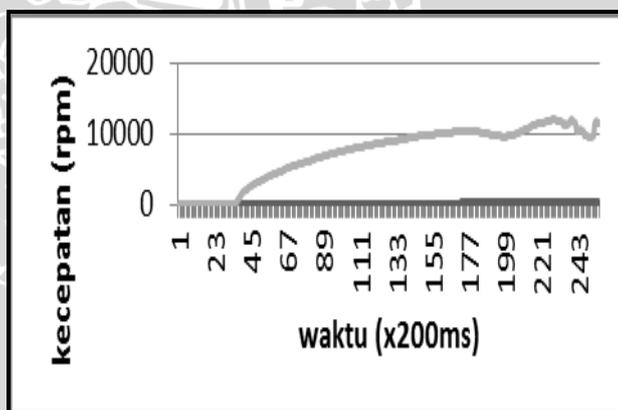
Gambar 4.12 Rangkaian *Switching Sensor*

#### 4.5.7 Motor DC

Putaran motor DC akan dikendalikan dengan menggunakan *driver* L298N sebagai pengolah dan memberikan data berupa PWM. Motor DC seperti yang ditunjukkan Gambar 4.13a yang digunakan pada perancangan ini tidak diketahui karakteristiknya, sehingga yang perlu dilakukan adalah melakukan pengujian dengan menggunakan rangkaian optocoupler. Untuk mendapatkan karakteristik motor DC pada perancangan ini diberikan masukan *unit step*. Hasil kecepatan motor terhadap PWM ditunjukkan pada Gambar 4.13b.



(a)



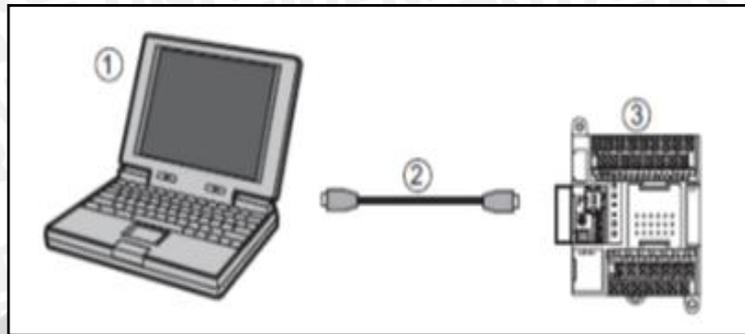
(b)

Gambar 4.13 (a) Motor DC (b) Grafik Karakteristik Motor DC (Perancangan)

#### 4.5.8 Pengawatan Komunikasi Data Antara PC dengan PLC

Setelah pengawatan sistem keseluruhan, PLC perlu disambungkan hingga dapat berkomunikasi dengan PC. Komunikasi data yang dilakukan antara PLC

dengan komputer sebagai unit pemrograman adalah dengan menggunakan kabel USB. Gambar 4.14 menunjukkan komunikasi data antara PLC dengan komputer.



Gambar 4.14 Pengawatan Komunikasi Data antara PC dengan PLC (PLC CP1L User Manual)

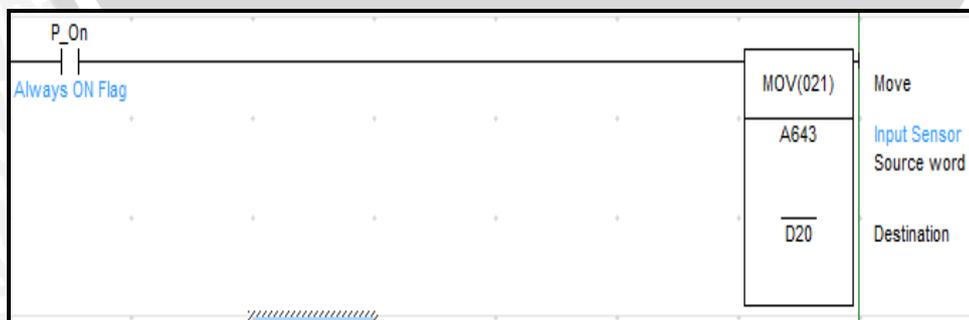
#### 4.5.9 Pengawatan Sistem Keluaran PWM Pada PLC

PLC Omron tipe CP1L memiliki 2 *output* dalam bentuk sinyal pulsa. *Output* sinyal pulsa dapat diubah dan direkayasa menjadi sebuah keluaran sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM). Alamat instruksi untuk mengeluarkan sinyal PWM pada PLC CP1L ialah #0000 dan #0001. Dimana pada terminal *output* dikodekan dengan alamat digital 0000 dan 0003.

#### 4.6 Perancangan Perangkat Lunak

##### 4.6.1 Perancangan Program Pembacaan Sinyal Analog Sensor

Sebelum menggunakan sensor PT100 dan HSM-20G sebagai masukan untuk PLC perlu dilakukan perancangan program yang akan digunakan sebagai simulasi pembacaan keluaran sensor pada PLC. Program yang digunakan untuk simulasi ditunjukkan Gambar 4.15.



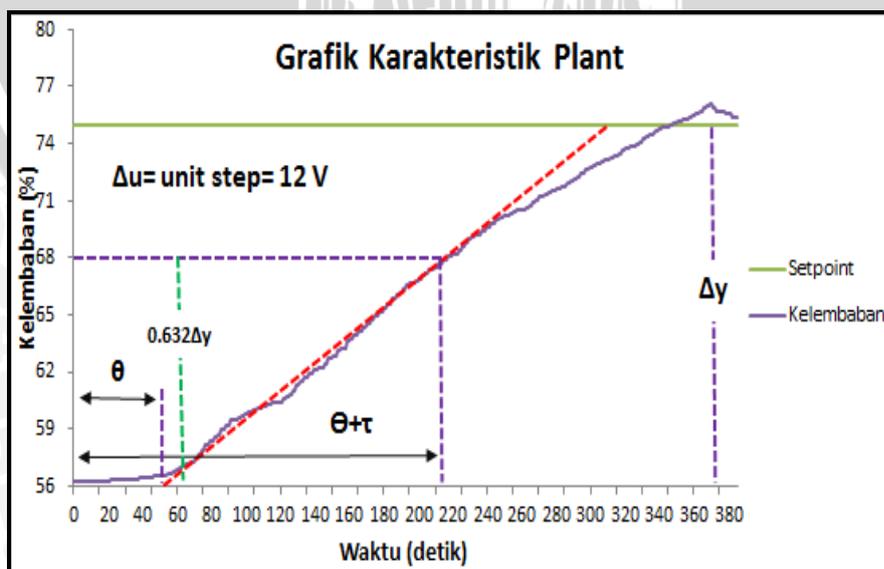
Gambar 4.15 Program Simulasi Pembacaan Sinyal Analog (Perancangan)

Tabel 4.2 Keterangan Intruksi Program Pembacaan Sinyal Analog

Alamat/Intruksi	Keterangan
P_On	Secara otomatis akan tetap berlogika aktif
MOV	Nama alamat blok <i>move</i> pada CX-Programmer 8.1
A643	Alamat terminal <i>input</i> analog pada PLC CP1L
D20	Alamat memori kerja dari masukan analog

#### 4.6.2 Perancangan Kontroler PID

Untuk memenuhi tujuan performansi *loop* yang diinginkan, maka perlu ditambahkan kontroler pada sistem tersebut. Kontroler yang dipilih ialah Proporsional Integral Derivatif (PID). Kontroler proporsional integral derivatif dipilih karena karakteristik *plant* tersebut membutuhkan kontrol yang cepat dan meminimalkan *overshoot*. Untuk mendapatkan parameter PID sebelumnya dapatkan dahulu karakteristik *plant*-nya. Untuk mendapatkannya miniatur ruangan dengan tingkat kelembaban awal sebesar 56 % dinaikan hingga mencapai *setpoint* yaitu sebesar 75% dengan menyemprotkan uap air ke dalam miniatur ruangan. Setelah kelembaban ruangan mencapai *setpoint*, semprotan airpun dihentikan. Gambar 4.16 menunjukkan grafik karakteristik *plant*.



Gambar 4.16 Grafik Karakteristik *Plant* (Perancangan)

Dari grafik karakteristik *plant* yang ditunjukkan Gambar 4.16 didapatkan nilai:

$$\Theta = 52 \text{ detik}$$

$$\tau = 163 \text{ detik}$$

$$\Delta u = 12 \text{ Volt}$$

$$\Delta y = 18,76 \%$$

Maka,

$$K = \frac{\Delta y}{\Delta u} = \frac{18,76}{12} = 1,563 \%/V$$

Setelah mendapatkan nilai parameter yang dibutuhkan maka kita bisa mendapatkan fungsi alih *plant* seperti yang ditunjukkan oleh persamaan 4.7.

$$G(s) = \frac{1,563e^{-52s}}{1 + 163s} \dots\dots\dots (4.7)$$

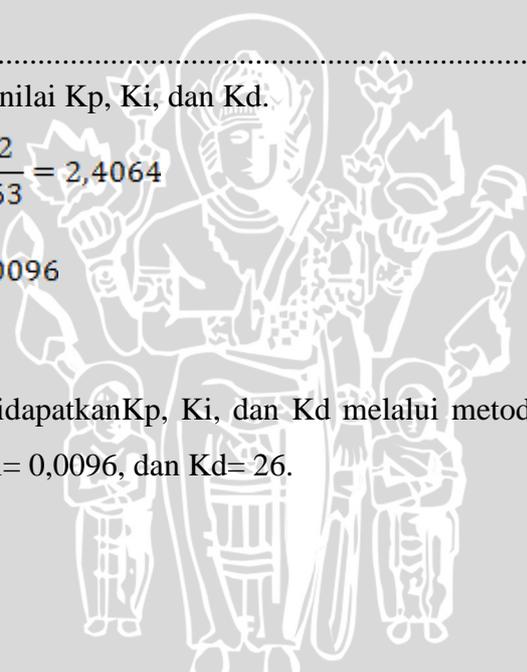
Dan bisa mendapatkan nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ .

$$K_p = \frac{1,2 \Theta}{K \tau} = \frac{1,2 \cdot 52}{1,563 \cdot 163} = 2,4064$$

$$K_i = \frac{1}{2\Theta} = \frac{1}{2 \times 52} = 0,0096$$

$$K_d = 0,5 \times 52 = 26$$

Sehingga telah didapatkan  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  melalui metode Ziegler-Nichols sebesar  $K_p = 2,4064$ ,  $K_i = 0,0096$ , dan  $K_d = 26$ .



## BAB V

### PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Pengujian sistem bertujuan untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok dilakukan untuk menemukan letak kesalahan dan mempermudah analisis pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

1. Pengujian sensor suhu
2. Pengujian sensor kelembaban
3. Pengujian *driver* motor L298N
4. Pengujian keseluruhan sistem

#### 5.1 Pengujian Sensor Suhu PT100

##### 5.1.1 Tujuan pengujian

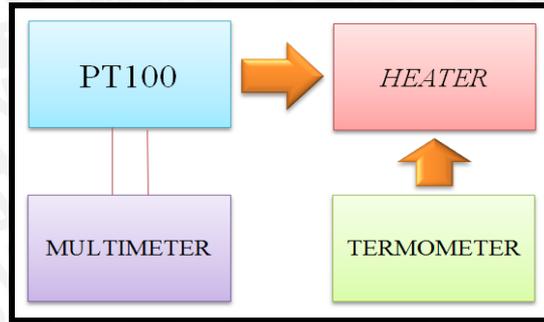
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah sensor suhu yang digunakan dalam perancangan bekerja dengan baik dan hasil yang diharapkan sesuai keadaan yang telah direncanakan, sehingga dalam penggabungan antara *hardware* dan *software* dapat sesuai dengan sistem yang akan dibuat.

##### 5.1.2 Peralatan yang dibutuhkan

1. Sensor PT100
2. Termometer
3. Multimeter
4. *Heater*
5. Air

##### 5.1.3 Langkah pengujian

1. Menyusun rangkaian sesuai Gambar 5.1
2. Hidupkan *Heater*
3. Mengamati dan mencatat setiap perubahan resistansi PT100 terhadap perubahan suhu berdasarkan suhu termometer acuan



Gambar 5.1 Rangkaian Pengujian Sensor Suhu PT100 (Perancangan)

### 5.1.4 Hasil Pengujian dan Analisa

Hasil pengujian PT100 ditunjukkan dalam Tabel 5.1. Didapatkan grafik linearitas antara suhu dengan resistansi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.2. berikut contoh perhitungan untuk mencari nilai *error* dari nilai pengukuran dengan praktik.

Untuk suhu 10 °C:

$$error = \left( \frac{R \text{ Praktik} - R \text{ Pengukuran}}{R \text{ Pengukuran}} \right) \times 100 \tag{5.1}$$

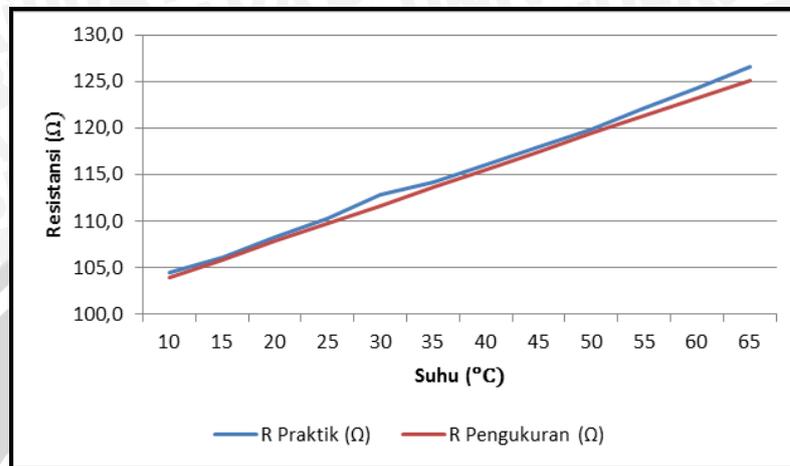
$$error = \left( \frac{104,5 - 103,9}{103,9} \right) \times 100$$

$$error = 0,58$$

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu PT100

Pengujian Sensor Suhu PT100				
No.	Suhu (°C )	R Praktik (Ω)	R Pengukuran (Ω)	Error (%)
1	10	104,5	103,9	0,58
2	15	106,1	105,9	0,24
3	20	108,3	107,8	0,47
4	25	110,3	109,7	0,52
5	30	112,9	111,7	1,10
6	35	114,2	113,6	0,52
7	40	116,1	115,5	0,48
8	45	118,0	117,5	0,45
9	50	119,9	119,4	0,42
10	55	122,2	121,3	0,73

11	60	124,3	123,2	0,86
12	65	126,6	125,2	1,15
Rata-rata				0,63



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Resistansi PT100 Dengan Suhu (Perancangan)

Seperti yang ditunjukkan hasil pengujian pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.2, sensor PT100 yang akan digunakan untuk penelitian memiliki kemampuan baik dalam melakukan pembacaan perubahan suhu dibuktikan dengan linearitas grafik hasil resistansi pengujian dan *error* rata-rata antara resistansi pengujian dengan resistansi penghitungan adalah 0,63%.

## 5.2 Pengujian RPS (Rangkaian Pengondisi Sinyal) PT100

### 5.2.1 Tujuan Pengujian

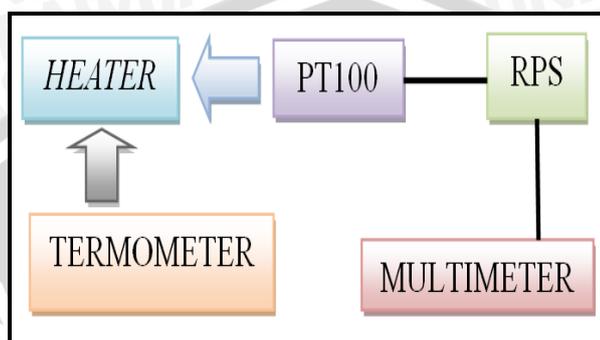
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kinerja rangkaian pengondisi sinyal PT100 terhadap perubahan suhu dengan mengukur tegangan keluaran dari rangkaian pengondisi sinyal tersebut.

### 5.2.2 Peralatan Yang Dibutuhkan

1. Termometer
2. Sensor suhu PT100
3. Multimeter
4. Heater
5. Air

### 5.2.3 Langkah Pengujian

1. Menyusun rangkaian sesuai Gambar 5.3.
2. Mengatur tingkat suhu air sehingga dapat berubah sesuai dengan yang diinginkan.
3. Mengamati dan mencatat setiap perubahan suhu berdasarkan termometer acuan.



Gambar 5.3 Rangkaian Pengujian RPS PT100 (Perancangan)

#### 5.2.4 Hasil Pengujian dan Analisa

Hasil pengujian rangkaian pengondisi sinyal PT100 ditunjukkan oleh Tabel 5.2. Dari hasil pengujian didapatkan nilai *error* rata-rata yang kecil yaitu 0.16. Maka rangkaian pengondisi sinyal ini layak digunakan. Nilai *error* didapat dari selisih antara nilai praktik dengan nilai pengukuran.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian RPS PT100

No.	Suhu (°C)	V Praktik (Volt)	V Pengukuran (Volt)	Error (%)
1	5	1.12	0.99	0.13
2	10	2.27	1.99	0.28
3	15	3.19	2.99	0.20
4	20	4.08	3.99	0.09
5	25	5.17	4.99	0.18
6	30	6.11	5.99	0.12
7	35	7.20	6.99	0.21
8	40	8.18	7.99	0.19
9	45	9.05	8.99	0.06
Rata-rata				0.16

### 5.3 Pengujian Sensor Kelembaban HSM-20G

#### 5.3.1 Tujuan Pengujian

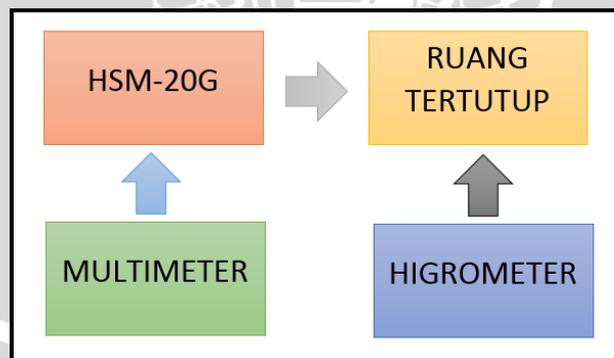
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah sensor suhu yang digunakan dalam perancangan bekerja dengan baik dan hasil yang diharapkan sesuai keadaan yang telah direncanakan, sehingga dalam penggabungan antara *hardware* dan *software* dapat sesuai dengan sistem yang akan dibuat.

#### 5.3.2 Peralatan Yang Dibutuhkan

1. Sensor Kelembaban HSM-20G
2. Higrometer
3. Multimeter
4. Catu Daya
5. *Sprayer*

#### 5.3.3 Langkah Pengujian

1. Menyusun rangkaian sesuai Gambar 5.4.
2. Mengatur tingkat kelembaban udara sehingga dapat berubah sesuai yang diinginkan.
3. Mengamati dan mencatat setiap perubahan tegangan HSM-20G terhadap perubahan tingkat kelembaban berdasarkan tingkat kelembaban higrometer acuan.



Gambar 5.4 Rangkaian Pengujian Sensor Kelembaban HSM-20G (Perancangan)

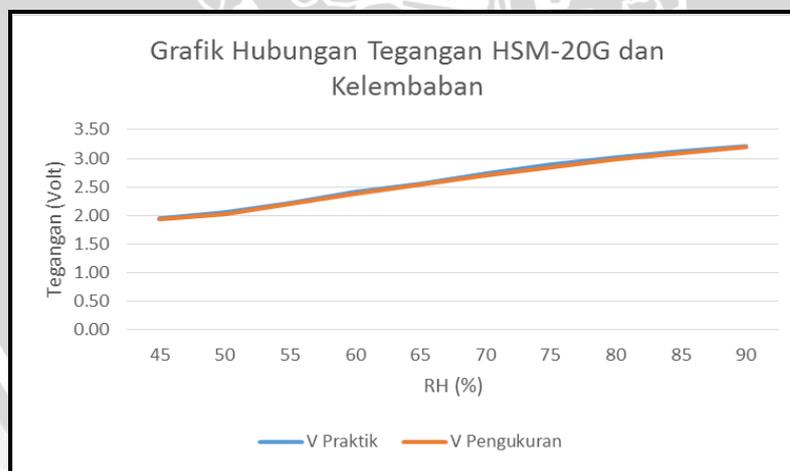
#### 5.3.4 Hasil Pengujian dan Analisa

Hasil pengujian HSM-20G ditunjukkan dalam Tabel 5.3. Didapatkan grafik linearitas antara kelembaban dengan tegangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.5. Untuk mendapatkan nilai *error*-nya, perhitungan sama seperti contoh

pada subbab 5.1.4 dengan menggunakan persamaan yang sama pula yaitu persamaan 5.1.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Sensor Kelembaban HSM-20G

Pengujian Sensor Kelembaban HSM-20G Saat 25 °C				
No.	Kelembaban (%)	V Praktik (volt)	V Pengukuran (volt)	Error (%)
1	45	1.96	1.94	1.03
2	50	2.05	2.02	1.49
3	55	2.22	2.20	0.91
4	60	2.42	2.37	2.11
5	65	2.56	2.53	1.19
6	70	2.73	2.69	1.49
7	75	2.89	2.84	1.76
8	80	3.02	2.99	1.00
9	85	3.12	3.09	0.97
10	90	3.21	3.19	0.63
Rata-rata				1.26



Gambar 5.5 Grafik Hubungan Tegangan HSM-20G dengan Kelembaban (Perancangan)

Seperti yang ditunjukkan hasil pengujian pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.5, sensor HSM-20G yang akan digunakan untuk penelitian memiliki kemampuan baik dalam melakukan pembacaan perubahan suhu dibuktikan dengan linearitas

grafik hasil Tegangan pengujian dan *error* rata-rata antara tegangan pengujian dengan tegangan penghitungan adalah 1,26%.

## 5.4 Pengujian *Driver* Motor L298N

### 5.4.1 Tujuan Pengujian

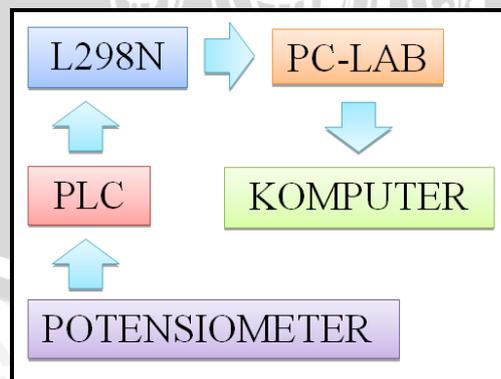
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dan respon dari *driver* pengendali motor DC L298N dengan membandingkan dan menguji sinyal keluaran dari *driver* motor terhadap sinyal masukan PWM yang diberikan oleh PLC.

### 5.4.2 Peralatan yang dibutuhkan

1. *Driver* Motor L298N
2. PLC
3. Komputer
4. PC-LAB
5. Potensiometer

### 5.4.3 Langkah Pengujian

1. Menyusun rangkaian sesuai Gambar 5.6.
2. Mengatur besar tegangan pada potensiometer sehingga dapat berubah sesuai dengan yang diinginkan.
3. Mengamati setiap perubahan *duty cycle* pada PC-LAB terhadap setiap perubahan tegangan dari potensiometer.



Gambar 5.6 Rangkaian Pengujian *Driver* Motor DC L298N

#### 5.4.4 Hasil Pengujian Dan Analisa

Berdasarkan Tabel 5.4 terdapat selisih rata-rata antara *duty cycle* keluaran dari PLC dengan *driver* motor L298N sebesar 1,1 %. Hal ini dikarenakan adanya akumulasi *delay* dari seluruh rangkaian. Selisih rata-rata sebesar 1,1% cukup bagus karena tidak memberikan pengaruh besar terhadap kinerja sistem. nilai *error* pengujian adalah selisih dari pengujian PWN PLC dengan pengujian PWM L298N. Gambar 5.7 menunjukkan grafik keluaran sinyal PWM dari *driver* motor L298N saat *duty cycle* 50% dan Gambar 5.8 menunjukkan tampilan *waveform parameters* dari keluaran sinyal PWM *driver* motor L298N saat *duty cycle* 50%.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian respon *Driver* Motor L298N terhadap masukan sinyal PWM

Pengujian <i>Driver</i> Motor DC L298N				
No	<i>Duty Cycle</i> (%)	PWM PLC (Volt)	PWM L289N (Volt)	<i>Error</i> (%)
1	10	3,1	2,3	0,8
2	20	5,8	4,5	1,3
3	30	8,2	7,0	1,2
4	40	10,6	9,2	1,4
5	50	12,8	11,6	1,3
6	60	15,7	14,5	1,2
7	70	17,5	16,9	0,6
8	80	20,2	19,1	1,1
9	90	22,4	21,4	1,0
10	100	23,9	23,1	0,8
Rata-rata				1,1



Gambar 5.7 Grafik Keluaran Sinyal PWM *Driver* L298N saat *Duty Cycle* 50%

Waveform Parameters	
Amplitude:	<input type="checkbox"/> CH1 <input checked="" type="checkbox"/> CH2
<input checked="" type="checkbox"/> DC Mean	11.6 V
<input checked="" type="checkbox"/> Max	24.7 V
<input checked="" type="checkbox"/> Min	-2.5 V
<input checked="" type="checkbox"/> Peak-to-Peak	27.2 V
<input checked="" type="checkbox"/> High	24.4 V
<input checked="" type="checkbox"/> Low	-0.6 V
<input checked="" type="checkbox"/> Amplitude	25.0 V
<input checked="" type="checkbox"/> AC RMS	12.1 V
<input checked="" type="checkbox"/> AC dBV	21.7 dBV
<input checked="" type="checkbox"/> AC dBm	23.9 dBm
<input checked="" type="checkbox"/> AC+DC RMS	16.8 V
<input checked="" type="checkbox"/> AC+DC dBV	24.5 dBV
<input checked="" type="checkbox"/> AC+DC dBm	26.8 dBm
Timing:	
<input checked="" type="checkbox"/> Duty Cycle	49.9 %
<input checked="" type="checkbox"/> Positive Width	49.9 ms
<input checked="" type="checkbox"/> Negative Width	50.1 ms
<input checked="" type="checkbox"/> Rise Time	0.000 ms
<input checked="" type="checkbox"/> Fall Time	1.20 ms
<input checked="" type="checkbox"/> Period	100 ms
<input checked="" type="checkbox"/> Frequency	10.0 Hz
<input checked="" type="checkbox"/> Phase	171.5 deg

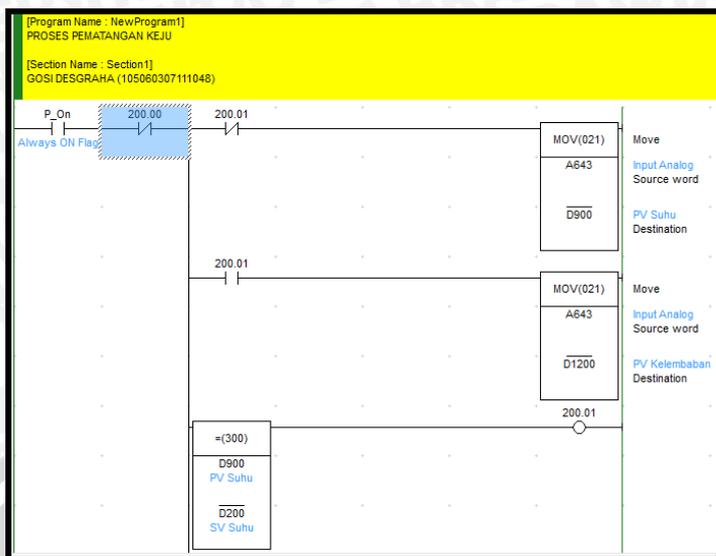
Gambar 5.8 Tampilan *Waveform Parameters* PC-LAB dari keluaran sinyal PWM *Driver* Motor L298N Saat *Duty Cycle* 50%

## 5.5 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk menguji apakah parameter yang sudah ditentukan dapat diaplikasikan pada alat dan sudah sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan. Pada pengujian ini semua blok rangkaian dihubungkan. Selanjutnya memasukan nilai parameter yang telah ditentukan, serta mengamati dan menganalisa hasil kinerja alat.

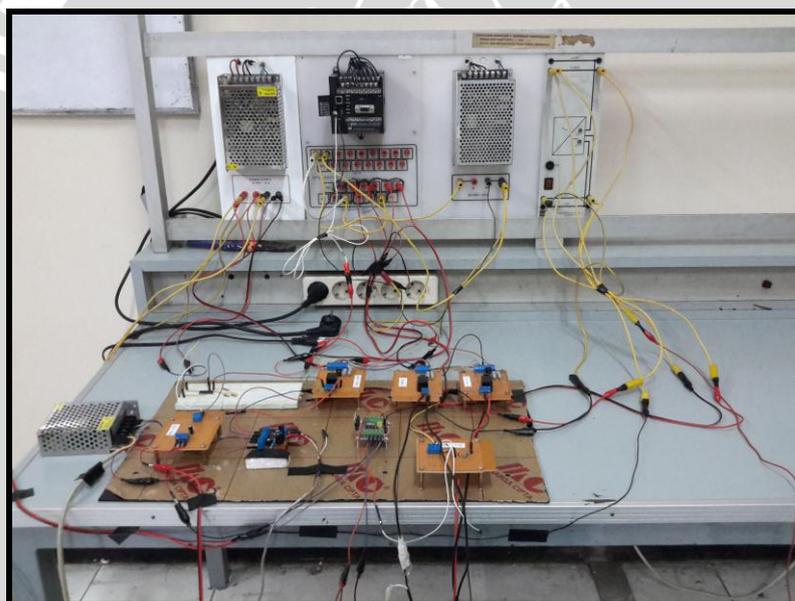
Prosedur pengujian yang dilakukan untuk sistem secara keseluruhan adalah sebagai berikut:

1. Membuat program *ladder* diagram pada *CX-Programmer* untuk dimasukkan ke dalam memori PLC (*Upload*). Seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Program *Ladder* Proses Pematangan Keju (Perancangan)

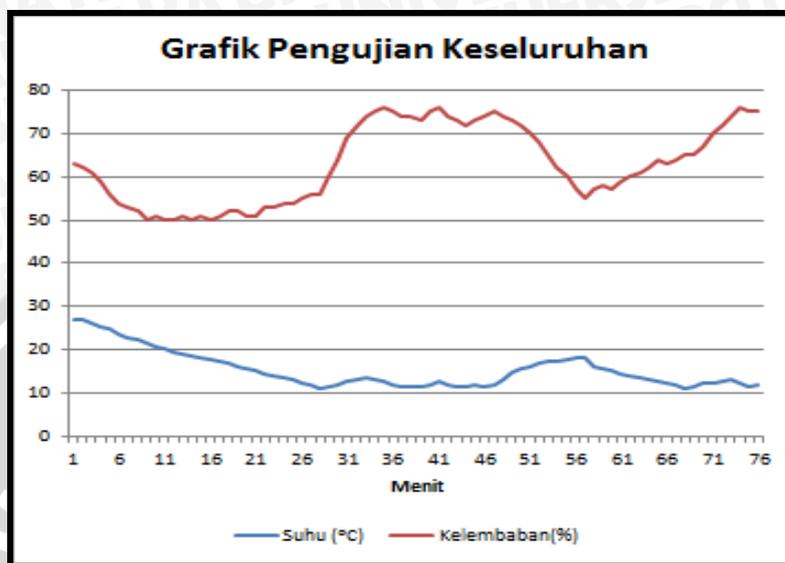
2. Menyusun rangkaian PLC seperti dalam Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Rangkaian Keseluruhan Sistem (Perancangan)

3. Menghubungkan *power supply* sebagai sumber catu untuk PLC dan komponen lainnya yang membutuhkan catu daya.
4. Sebelum menjalankan program dalam PLC, sensor suhu dan kelembaban yang akan menjadi *input* pada PLC dihubungkan melalui *port* analog PLC dengan alamat A643.
5. Menghubungkan semua aktuator ke PLC sebagai keluaran. Pompa motor DC di *port* 01, pendingin di *port* 05, Lampu pijar di *port* 04 dan *switching* di *port* 06.

6. Setelah memastikan semua rangkaian terpasang dengan benar, kemudian program dijalankan.
7. Gambar 5.11 dan menunjukkan grafik pengujian keseluruhan



Gambar 5.11 Grafik Pengujian Keseluruhan Miniatur Proses Pematangan Keju

### 5.6 Pengujian Kadar Air

Menurut Dinas Peternakan dan Kesehatan Hewan Malang, Karakteristik dari umur keju adalah semakin lama waktu pematangan dan penyimpanan maka tekstur semakin keras dan kadar air semakin lama akan semakin sedikit. Tujuan pengujian kadar air ini adalah untuk mengetahui apakah alat yang dibuat perancang berhasil meningkatkan kualitas hasil produksi sesuai dengan tujuan dibuatnya alat tersebut. Dan untuk mengetahuinya maka perancang membandingkan hasil pengujian keju dari alat rancangannya dengan hasil keju dari Pabrik keju Dinas Peternakan dan kesehatan Hewan Malang. Pengujian dilakukan di Laboratorium Nutrisi Universitas Muhammadiyah Malang. Hasil Pengujian Laboratorium ditunjukkan oleh Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Kadar Air

Keju A (Keju Pengujian)	25,22 %
Keju B (Keju Pabrik)	28,45 %

Karakteristik keju berdasarkan kadar air adalah semakin lama waktu proses pematangannya maka semakin rendah kandungan kadar airnya. Dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 5.5 dengan melakukan penelitian selama batas waktu yang sama yaitu 1 minggu dapat disimpulkan bahwa dengan mengendalikan suhu dan kelembaban ruangan proses pematangan akan didapatkan kualitas produksi keju yang baik.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

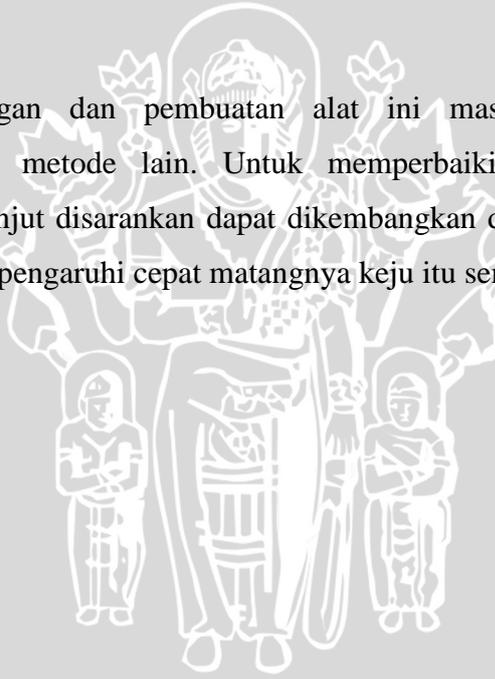
#### 6.1 Kesimpulan

Dari perancangan, pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan pada miniatur ruang tertutup proses pematangan keju. Maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan metode pengujian eksperimental didapatkan  $\Theta=52$  detik,  $\tau=163$  detik, dan  $K=1,563\%/V$ . Maka didapatkan nilai parameter  $K_p=2,4064$ ,  $K_i=0,0096$  dan  $K_d=26$ .
2. Pengujian kadar air keju dari hasil pengujian alat adalah 25,22% dan pengujian kadar air keju dari hasil produksi pabrik adalah 28,45%.

#### 6.2 Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih memungkinkan dikembangkan dengan metode lain. Untuk memperbaiki kinerja alat dan pengembangan lebih lanjut disarankan dapat dikembangkan dengan penambahan faktor-faktor yang mempengaruhi cepat matangnya keju itu sendiri.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ciputra, Ahmad. 2009. Sensor Kelembaban. [http://do-stupid-things .blogspot.com/2010/05/sensor-kelembaban-humidity-and-moisture.html](http://do-stupid-things.blogspot.com/2010/05/sensor-kelembaban-humidity-and-moisture.html). (diakses 22 Mei 2010)
- Imam, Gugus. 2007. Proses Produksi Keju. <http://Gugusimam.wordpress.com/2010/proses-produksi-keju.html>. (diakses 17 Oktober 2010)
- Irawan, juni Ardi. 2007. Programmable Logic Control. <http://juare97.wordpress.com/2007/10/20/plc-programmable-logic-controller.html>. (diakses 20 Oktober 2007)
- Laboratorium Sistem Kontrol. 2013. Laporan Praktikum Teknik Otomasi. Malang: Universitas Brawijaya
- Pamungkas, Dipta. 2010. All About Cheese. <http://diptagizi86.blogspot.com/2012/10/all-about-cheese.html>. (diakses 7 Oktober 2012)  
<http://diptagizi86.blogspot.com/2012/10/all-about-cheese.html>  
<http://id.wikipedia.org/wiki/Keju>  
<http://www.food-info.net/id/dairy/cheese-production.html>  
[http://id.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_suhu](http://id.wikipedia.org/wiki/Sensor_suhu)
- OMRON. 2009. CP1L Introduction Manual
- OMRON. 2009. CP1L Programming Manual
- OMRON. 2009. CP1L Operating Manual
- Atmanegara, Lalu Irjan. 2013. Sistem Pengendali Level Cairan Tinta Printer EPSON C90 Sebagai Simulasi Pada Mesin Percetakan Berbasis *Programmable Logic Control* (PLC). Laporan Skripsi, Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Gopal, M., 1988. *Digital Control Engineering*. India.
- Ogata, Katsuhiko. 1985. *Teknik Kontrol Automatik jilid I. University of Minnesota*.
- Ogata, Katsuhiko. 1993. *Teknik Kontrol Automatik jilid II. University of Minnesota*.