



**PERANCANGAN PENGATUR SUHU OTOMATIS
PADA *PROTOTYPE SMART CAGE* UNTUK DOC (*Day
Old Chick*) AYAM BROILER BERBASIS PID**

Skripsi

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro**

Oleh

Riana Ayu Anggraeni

NIM.5301414076

PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2019

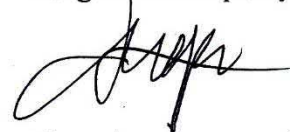
PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doctor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Skripsi ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing.
3. Dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 10 Januari 2019

Yang membuat pernyataan



Riana Ayu Anggraeni

NIM.5301414076


PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Riana Ayu Anggraeni
NIM : 5301414076
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : Perancangan Pengatur Suhu Otomatis pada *Prototype Smart Cage* untuk DOC (*Day Old Chick*) Ayam Broiler Berbasis PID.

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 10 Januari 2019

Pembimbing



Dr. Ir. I Made Sudana, M.Pd., IPM.

NIP.195605081984031004

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Perancangan Pengatur Suhu Otomatis pada *Prototype Smart Cage* untuk DOC (*Day Old Chick*) Ayam Broiler Berbasis PID” telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 28 bulan Januari tahun 2019.

Oleh:

Nama : Riana Ayu Anggraeni
NIM : 5301414076
Program Studi : S-1 Pendidikan Teknik Elektro

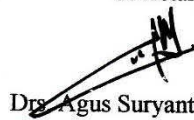
Panitia :

Ketua



Dr.-Ing Dhidik Prasliyanto, S.T., M.T.
NIP. 197805312005011002

Sekretaris



Dr. Agus Suryanto, M.T.
NIP. 196708181992031004

Penguji I



Dr. Ir. Henry Ananta, M.Pd. IPM
NIP. 195907051986011002

Penguji II



Dr. Ir. Sri Sukamta, M.Si. IPM
NIP. 1965050819910310003

Penguji III/Pembimbing



Dr. Ir. I Made Sudana, M.Pd. IPM.
NIP. 195605081984031004

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M.T.

NIP. 6911301994031001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

- Ukirlah namamu hari ini agar kamu bersejarah di masa depan
- Libatkan Tuhan dalam setiap langkah hidupmu, maka semuanya akan terasa ringan.

PERSEMBAAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk :

- Kedua orang tua yang tiada henti memberikan dukungan dan doa setiap waktu.
- Pembimbing yang telah dengan sabar membimbing, memotivasi dan mengarahkan.
- Teman-teman seperjuangan PTE Ronadon dan PTE 2014 yang selalu menguatkan dan menyemangati yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
- Serta pihak-pihak lain yang membantu dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

RINGKASAN

Riana Ayu Anggraeni. 2019. Perancangan Pengatur Suhu Otomatis pada *Prototype Smart Cage* untuk DOC (*Day Old Chick*) Ayam Broiler Berbasis PID. Pembimbing : Dr.Ir I Made Sudana,M.Pd.,IPM. Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

Fase paling kritis dalam pemeliharaan ayam broiler adalah pada fase *stater* 1 sampai 10 hari. Pada fase tersebut DOC ayam broiler belum mampu mengatur suhu tubuhnya sendiri dan sangat rentan terhadap kematian. Pemeliharaan DOC ayam broiler pada suhu kandang yang tidak sesuai dapat menyebabkan ayam mengalami hambatan pertumbuhan dan kematian. kontrol PID memiliki struktur yang mudah serta memiliki kelebihan berupa *setting time* yang rendah, kontrol yang cepat dan biaya yang rendah. Oleh karena itu, Pengatur suhu otomatis berbasis PID menjadi salah satu tujuan utama dalam penelitian ini.

pengujian pengatur suhu otomatis pada *prototype smart cage* untuk DOC ayam broiler dilakukan dengan cara melakukan pengujian konfigurasi kontrol PID pada *plant* menggunakan *software* Matlab dan melakukan pengujian kontrol PID dengan cara melihat respon *plant*. Setelah data dari pengujian diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah menganalisa data tersebut dengan teknik deskriptif *presentase* dimana hasil pengujian sistem dianalisis dan dijabarkan dengan kalimat deskriptif.

Hasil percobaan penelitian ini menunjukkan bahwa pengatur suhu otomatis pada *prototype smart sage* untuk DOC syam broiler berbasis PID dapat bekerja dengan baik sesuai perancangan. Sistem menghasilkan Waktu delay (τ_d) sebesar 99 detik, Waktu naik (τ_r) sebesar 791 detik, maksimum Overshoot (MO) sebesar 0% dan *Error Steady State* (ESS) sebesar 3.71%.

Kata Kunci : Pengatur suhu, *Smart cage*, DOC, PID.

PRAKATA

Puji dan Syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Perancangan Pengatur Suhu Otomatis pada *Prototype Smart Cage* untuk DOC (*Day Old Chick*) Ayam Broiler Berbasis PID.”.

Penulis mengucapkan terimakasih pada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini. Khususnya kepada:

1. Dr.Ir I Made Sudana, M.Pd.,IPM. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, memotivasi, dan mengarahkan.
2. Dr-Ing Dhidik Prastiyanto, S.T,M.T,. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro sekaligus Kaprodi Pendidikan Teknik Elektro.
3. Dr.Nur Qudus, M.T,. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan izin dalam penyusunan skripsi.
4. Tim Penguji yang telah memberikan masukan terhadap kekurangan dalam penelitian skripsi ini.
5. Semua dosen Teknik Elektro Fakultas Teknik Unnes yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga
6. Semua pihak yang telah memberi bantuan dan motivasi untuk karya tulis ini.

Peneliti berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pelaksanaan pembelajaran di Teknik Elektro Unnes

Semarang, 10 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
RINGKASAN	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.	3
1.4. Rumusan Masalah.....	3
1.5. Tujuan Penelitian	4
1.6. Manfaat Penelitian	4
1.7. Penegasan Istilah.....	5
1.8. Sistematika Penulisan	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
2.1. Kajian Pustaka yang Relevan.....	7
2.2. Landasan Teori.....	8
2.2.1 Pengatur Suhu Otomatis Berbasis PID	8
2.2.2 DOC (Day Old Chick) Ayam Broiler.....	44
2.4 Kerangka Berfikir	48
BAB III METODE PENELITIAN.....	50
3.1. Metode dan Desain Penelitian	50
3.4 Waktu dan Tempat Penelitian.....	50
3.5 Prosedur Penelitian	51

	Halaman
3.5.1 Mulai	51
3.5.2 Studi Literatur	52
3.5.3 Perancangan Alat	52
3.5.4 Pembuatan Alat	65
3.5.5 Trial Alat	66
3.5.6 Teknik Pengambilan Data	66
3.5.7 Analisis Data	67
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	68
4.1 Hasil Penelitian	68
4.1.1 Analisis dan Hasil Pengujian Konfigurasi Kontrol PID	68
4.1.2 Analisi dan Hasil Pengujian Sensor LM35	73
4.1.3 Analisis dan Hasil Pengujian Kontrol PID	76
4.2 Pembahasan	83
BAB V SIMPILAN DAN SARAN	87
A. Simpulam	87
B. Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	89

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Pembacaan Suhu Terhadap Tangga PWM.....	61
Tabel 4.1 Respon pengatur suhu otomatis.....	73
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor dengan Thermometer Digital.....	74
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sensor dengan Thermometer Digital.....	74
Tabel 4.4 Pengujian Kontrol PID Pada Hari Pertama (07.00-08.00)	77
Tabel 4.5 Pengujian Kontrol PID Pada Hari Pertama (13.00-14.00)	74
Tabel 4.6 Pengujian Kontrol PID Pada Hari Pertama (17.00-18.00)	75
Tabel 4.7 Pengujian Kontrol PID Pada Hari Kedua (07.00-08.00)	76
Tabel 4.8 Pengujian Kontrol PID Pada Hari Kedua (13.00-14.00)	77
Tabel 4.9 Pengujian Kontrol PID Pada Hari Kedua (17.00-18.00)	78
Tabel 4.10 Respon Pengujian Kontrol PID.....	79

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kontruksi Bimetal.....	10
Gambar 2.2 Karakteristik PTC dan NTC.....	12
Gambar 2.3 Kontruksi RTD.....	13
Gambar 2.4 Kontruksi Pengukuran dengan Thermokopel.....	14
Gambar 2.5 Diagram Blok Sistem Kontrol Loop Terbuka.....	17
Gambar 2.6 Diagram Blok Sistem Kontrol Loop Tertutup.....	18
Gambar 2.7 Diagram PID.....	20
Gambar 2.8 Blok diagram Kp.....	20
Gambar 2.9 Blok diagram Ki.....	21
Gambar 2.10 Blok diagram Kd.....	22
Gambar 2.11 Blok diagram kontroler PI.....	23
Gambar 2.12 Kurva Tanggapan Eksponensial Orde Satu.....	25
Gambar 2.13 Kurva Waktu Tunak.....	26
Gambar 2.14 Kurva Waktu Naik.....	27
Gambar 2.15 Kurva Waktu Tunda.....	27
Gambar 2.16 Diagram Blok Struktur Model ARX.....	28
Gambar 2.17 Susunan Dasar Mikrokontroler.....	29
Gambar 2.18 Sinyal PWM.....	36
Gambar 2.19 Gaya Lorentz yang Bekerja pada Kawat	40
Gambar 2.20 Gaya Elektromagnetik yang bekerja pada Magnet.....	41
Gambar 2.21 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	43
Gambar 2.22 Bagan Kerangka Teoritik.....	48
Gambar 2.23 Bagan Kerangka Berfikir.....	49
Gambar 3.1. Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	51
Gambar 3.2 Model Sistem Pengatur Suhu Otomatis.....	52
Gambar 3.3 Desain <i>Prototype Smart Cage</i>	53
Gambar 3.4 Diagram Blok Sistem.....	54
Gambar 3.5 Rangkaian Elektronik Keseluruhan Alat.....	55
Gambar 3.6 Rangkaian Catu Daya.....	56
Gambar 3.7 Rangkaian Sensor Suhu.....	57

	Halaman
Gambar 3.8 Rangkaian Kipas DC.....	58
Gambar 3.9 Rangkaian Pemanas.....	60
Gambar 3.10 Rangkaian LCD.....	60
Gambar 3.10 Simulink Identifikasi Sistem.....	62
Gambar 3.11 Grafik Identifikasi Sistem dari Pengatur Suhu Otomatis.....	63
Gambar 3.12 Simulink Respon Sistem Pengatur Suhu Otomatis.....	63
Gambar 3.13 Grafik Respon Sistem Pengatur Suhu Otomatis.....	64
Gambar 3.14 <i>Flowchart</i> Perancangan Software.....	65
Gambar 4.1 Diagram <i>Plant</i> Menggunakan Kontrol biasa.....	69
Gambar 4.2 Grafik Respon <i>Plant</i> Menggunakan Kontrol biasa.....	69
Gambar 4.3 Diagram <i>Plant</i> Pengatur Suhu Otomatis Berbasis PID.....	72
Gambar 4.4 Grafik Respon <i>Plant</i> Pengatur Suhu Otomatis Berbasis PID...	72
Gambar 4.5 Grafik Pembacaan sensor dengan Termometer Digital.....	75
Gambar 4.6 Grafik Pembacaan sensor dengan Termometer Analog.....	76
Gambar 4.4 Grafik Respon Pengujian Kontrol PID Pada Hari Pertama (08.00-09.00).....	77
Gambar 4.4 Grafik Respon Pengujian Kontrol PID Pada Hari Pertama (13.00-14.00).....	78
Gambar 4.4 Grafik Respon Pengujian Kontrol PID Pada Hari Pertama (17.00-18.00).....	79
Gambar 4.4 Grafik Respon Pengujian Kontrol PID Pada Hari Kedua (08.00-09.00).....	80
Gambar 4.4 Grafik Respon Pengujian Kontrol PID Pada Hari Kedu (13.00-14.00).....	81
Gambar 4.4 Grafik Respon Pengujian Kontrol PID Pada Hari Kedua (17.00-18.00).....	82

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. SK Penetapan Dosen Pembimbing	91
Lampiran 2. Foto Dokumentasi Keseluruhan Rangkaian Pada <i>Plant</i>	92
Lampiran 2. Program IDE Arduino.....	93

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ayam broiler merupakan jenis ayam dengan mutu genetik tinggi hasil persilangan antara ayam cornish dari Inggris dengan ayam play mounth rock dari Amerika Serikat (Sregar et al., 1982). Berdasarkan fase pertumbuhannya, periode pemeliharaan ayam broiler dibagi menjadi dua yaitu periode *starter* dan *finisher* (Murwani, 2010).

Fase paling kritis dalam pemeliharaan ayam broiler adalah pada fase *stater* 1 sampai 10 hari atau biasa disebut dengan DOC (*Day Old Chick*). Pada fase tersebut DOC ayam broiler belum mampu mengatur suhu tubuhnya sendiri dan sangat rentan terhadap kematian. Kebutuhan suhu DOC ayam broiler yaitu antara 35°C-37°C (Pratama et al., 2015).

Pemeliharaan DOC ayam broiler pada suhu kandang yang tidak sesuai dengan kebutuhan suhunya dapat menyebabkan ayam mengalami hambatan pertumbuhan dan kematian. Hambatan pertumbuhan yang terjadi dapat menyebabkan bobot badan ayam menjadi tidak maksimal pada saat dipanen sehingga peternak dapat mengalami kerugian bahkan bangkrut.

Peternakan ayam broiler di Indonesia pada umumnya masih menggunakan sistem konvensional. Sistem konvensional adalah sistem yang masih menggunakan perangkat manual atau tradisional dalam sistemnya. Berdasarkan observasi yang dilakukan oleh peneliti pada peternakan ayam broiler di Kampung Ngrembel, Kelurahan Gunungpati, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang. Hasil observasi

menunjukkan bahwa peternakan tersebut masih menggunakan sistem konvensional dalam memelihara DOC ayam broiler. Sistem pemanas yang digunakan pada peternakan tersebut masih berupa tungku tradisional yang dibuat dari drum besi bekas yang diisi dengan sekam padi dan kemudian dibakar. Penggunaan pemanas jenis ini menghasilkan suhu yang sulit di kontrol dan di fokuskan.

Oleh karena suhu yang dihasilkan sulit untuk dikontrol dan difokuskan maka peneliti terdorong untuk membuat sebuah teknologi pengatur suhu otomatis berbasis PID untuk kandang DOC (*Day Old Chick*) ayam broiler agar dapat mempermudah pengendalian suhu didalam kandang.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di kemukakan, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. DOC ayam broiler belum mampu mengatur suhu tubuhnya sendiri dan sangat rentan terhadap kematian.
2. Peternakan dengan sistem kandang konvensional memiliki kesulitan dalam pengaturan suhu kandang.
3. Suhu kandang yang tidak sesuai dengan suhu yang dibutuhkan oleh DOC ayam broiler dapat menyebabkan ayam mengalami hambatan pertumbuhan dan kematian.
4. Bobot badan ayam yang tidak maksimal pada saat dipanen dapat mengakibatkan peternak mengalami kerugian bahkan bangkrut.

1.3 Batasan Masalah

Mengingat cukup kompleksnya permasalahan yang ada, maka penelitian ini dibatasi permasalahannya sebagai berikut :

1. *Prototype* yang dibuat fokus kepada pengatur suhu kandang untuk DOC ayam broiler.
2. *Set Point* suhu pada sistem didasarkan pada kebutuhan suhu DOC ayam broiler yaitu 35⁰ C.
3. Kontroler yang digunakan adalah Kontroler PID dengan nilai Kp, Ki, Kd yang telah ditentukan.
4. Model matematis sistem didapatkan dengan cara mengidentifikasi sistem menggunakan metode ARX (*AR-Auto Regressive X-Exogenous*).
5. Objek data dibuat menggunakan Matlab *System Identification Toolbox* dengan Simulink ARX (*AR-Auto Regressive X-Exogenous*).
6. Penentuan nilai PI dihitung melalui respon keluaran sistem ketika mencapai 63,2% dari hasil akhirnya, dimana $t = \tau$.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah diatas, maka dapat dirumuskan suatu rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem pengatur suhu otomatis berbasis PID pada *prototype smart cage* untuk DOC ayam broiler ?
2. Bagaimana kinerja sistem pengatur suhu otomatis berbasis PID pada *prototype smart cage* untuk DOC ayam broiler ?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1 Menghasilkan rancangan sistem pengatur suhu otomatis berbasis PID untuk DOC ayam broiler.
- 2 Mengetahui kinerja alat pengatur suhu otomatis berbasis PID untuk DOC ayam broiler.

1.6 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian perancangan pengatur suhu otomatis pada *prototype smart cage* untuk DOC ayam broiler berbasis PID ini diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut :

a. Manfaat bagi penulis:

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sarana penambah pengetahuan dan pengalaman yang dapat diterapkan dalam praktik sesungguhnya dilapangan.

b. Manfaat bagi Mahasiswa :

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sarana pembelajaran bagi mahasiswa Teknik elektro.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi pembuatan pengatur suhu otomatis berbasis PID bagi penelitian-penelitian berikutnya.

c. Manfaat bagi masyarakat umum/peternak ayam broiler :

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat kepada peternak ayam broiler mengenai bagaimana cara membuat pengatur suhu otomatis pada kandang.

1.7 Penegasan Istilah

Guna menghindari penafsiran yang berbeda tentang penelitian ini, diberikan beberapa penjelasan istilah sebagai berikut:

1. *Prototype*

Bentuk awal dari sebuah rancangan yang di buat untuk pengembangan sebelum dibuat dalam skala sebenarnya.

2. *Smart Cage*

Sebuah kandang dengan sistem cerdas yang mampu mensuplay kebutuhan ternak secara mandiri, baik makanan, minuman, maupun temperatur kandang.

3. PID

kontroler yang digunakan untuk menentukan kepresisian suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut.

4. ARX (*AR-Auto Regressive X-Exogenous*).

Salah satu model sistem dinamik yang dapat dibangun melalui pengukuran masukan-keluaran dari suatu sistem.

1.8 Sistematika Penulisan

Secara garis besar penulisan skripsi dibagi menjadi 3 bagian yaitu: bagian awal, isi, dan akhir. Bagian awal meliputi halaman judul, abstrak, lembar pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, daftar lampiran. Bagian Isi disajikan dalam lima bab dengan beberapa sub bab pada tiap babnya. Dan bagian akhir berisi daftar pustaka dan lampiran. Berikut ini adalah penjelasan lebih detail terkait bagian isi :

Bab I: PENDAHULUAN

Bertujuan untuk memberi pemahaman pada pembaca mengenai gambaran latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, penegasan istilah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II: LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA

Bagian ini berisikan tentang landasan teori yang mendasari penelitian dan kajian pustaka yang relevan dengan penelitian.

Bab III: METODE PENELITIAN

Bagian ini berisikan tentang metode penelitian, tempat pelaksanaan, rancangan penelitian, desain uji coba produk, metode pengumpulan data, metode analisis data.

Bab IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisikan semua hasil penelitian yang telah dilakukan beserta pembahasannya.

Bab V: PENUTUP

Berisikan kesimpulan dari hasil penelitian dan saran-saran yang relevan dengan penelitian yang telah dilaksanakan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian pustaka yang relevan

Berikut ini adalah beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian Pengatur suhu otomatis pada *Smart cage* untuk DOC (*Day Old Chick*) ayam broiler berbasis PID:

1. Pada tahun 2011 Wijayanti dkk meneliti *Effect Of House Temperatur on Performance on Broiler in Periode Starter*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ayam broiler periode starter yang dipelihara pada suhu 28°C memiliki penambahan bobot badan yang lebih tinggi dibandingkan dengan ayam yang dipelihara pada suhu 32°C. Relevansi penelitian ini adalah pengaruh suhu terhadap bobot badan ayam.
2. Pada tahun 2002 Purnama Deny. R meneliti “Respon Pertumbuhan Ayam Broiler Periode *Starter* yang dipelihara dalam Ruang dengan Suhu Terkontrol”. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa anak ayam yang dipelihara pada ruang dengan suhu terkontrol memiliki respon pertumbuhan yang baik yaitu dengan penambahan bobot badan (PBB) yang paling tinggi yaitu 672.38 gram dan FCR yang paling baik (1.408). Relevansi penelitian ini adalah pengaruh pemeliharaan ayam broiler periode *starter* pada suhu terkontrol terhadap respon pertumbuhan ayam.
3. Pada tahun 2015 Pratama dkk melakukan penelitian dengan judul “Perancangan dan Realisasi Prototype Sistem Kontrol Otomatis untuk Kandang Anak Ayam Menggunakan Metode Logika Fuzzy”. Hasil dari

penelitian menunjukkan bahwa sistem kontrol otomatis yang dibuat tidak dapat bekerja secara maksimal pada saat sistem diberi gangguan, apabila diberi gangguan sistem hanya dapat menstabilkan suhu antara 32°C-34°C.

4. Pada tahun 2017 Pratama Shafiudin Sofyan dan Kholis Nur melakukan penelitian dengan judul “Sistem Monitoring dan Pengontrolan Temperatur Pada Inkubator Penetas Telur Berbasis PID”. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pengontrolan temperatur menggunakan kontrol PID dapat bekerja dengan baik meskipun diberikan kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Relevansi penelitian ini adalah pengaruh kontrol PID terhadap kinerja sistem pengatur suhu.

2.2 Landasan Teori

Landasan teori pada penelitian “pengatur suhu otomatis pada *prototype smart cage* untuk DOC (*Day Old Chick*) ayam broiler berbasis PID” adalah sebagai berikut :

2.2.1 Pengatur Suhu Otomatis Berbasis PID

Otomasi merupakan pengkonversian dari manufaktur konvensional menjadi manufaktur otomatis. Pengatur suhu otomatis merupakan pengaturan suhu yang dapat dilakukan oleh tenaga mesin secara otomatis tanpa memerlukan tenaga manusia kembali. Dalam membuat pengatur suhu otomatis paling tidak dibutuhkan tiga elemen yaitu sensor, kontrol, dan aktuator.

2.2.1.1 Sensor Suhu

Sensor merupakan suatu alat yang mampu merespon suatu masukan yang berupa sifat fisik dan mengkonversikannya ke dalam suatu sinyal elektrik melalui

kontak elektronik. Sensor yang baik memiliki beberapa syarat, berikut persyaratan sensor yang baik :

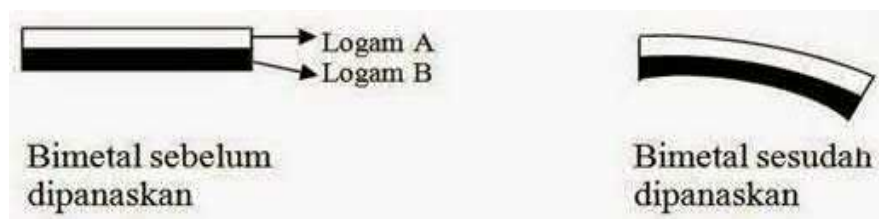
- a. Memiliki linieritas tinggi
- b. Memiliki sensitivitas yang tinggi
- c. Memiliki tanggapan waktu yang cepat
- d. Tidak mudah terpengaruh oleh temperature sekeliling
- e. Memiliki stabilitas waktu yang baik
- f. Memiliki nilai toleransi yang kecil
- g. Memiliki tanggapan dinamik yang baik

Sensor Suhu adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu. suhu adalah suatu besaran termodinamika yang menunjukkan besarnya energi kinetik translasi rata-rata molekul dalam sistem gas (Hazami et al, 2014). Setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, semakin tinggi energi atom-atom penyusun benda, maka akan semakin tinggi pula suhu benda tersebut. Berikut ini adalah beberapa jenis sensor suhu :

1. Bimetal

Bimetal merupakan sensor suhu yang terbuat dari dua buah lempeng logam yang berbeda koefisien muainya (α) yang direkatkan menjadi satu. Bila suatu logam dipanaskan maka akan terjadi pemuaian, besarnya pemuaian tergantung dari jenis logam dan tingginya temperatur kerja logam tersebut. Bila dua lempeng logam saling direkatkan dan dipanaskan, maka logam yang memiliki koefisien muai lebih tinggi akan memuai lebih panjang. Oleh karena

perbedaan reaksi muai tersebut maka bimetal akan melengkung ke arah logam yang memiliki koefisien muai lebih rendah. Dalam aplikasinya bimetal dapat dibentuk menjadi saklar *Normally Closed* (NC) atau *Normally Open* (NO).



Gambar 2.1 Kontruksi Bimetal.

Disini berlaku rumus pengukur temperatur dwi-logam yaitu :

$$r = \frac{t \left[3(1 + m)^2 + (1 + mn) \left(m^2 + \frac{1}{mm} \right) \right]}{6(\alpha_1 + \alpha_2)(T - T_0)(1 + m)^2}$$

Keterangan :

r = jari-jari pembengkokan.

t = tebal gabungan bilah terikat.

n = perbandingan tebal bahan ekspansi muai rendah dengan ekspansi muai tinggi (E_B/E_A).

$T - T_0$ = kenaikan temperatur.

α_1, α_2 = koefisien muai panas logam 1 dan logam 2.

2. Termistor

Termistor merupakan alat semikonduktor yang karakteristiknya adalah sebagai tahanan dengan koefisien tahanan temperatur yang tinggi. Umumnya tahanan termistor pada temperatur ruang dapat berkurang 6% untuk setiap kenaikan temperatur sebesar 1°C , sehingga termistor sangat sesuai untuk pengukuran, pengontrolan dan kompensasi temperatur secara presisi. Di

samping itu, tahanan mengikuti perubahan eksponensial dengan suhu, dan bukan hubungan polinomial. Jadi, untuk termistor berlaku:

$$R = R_0 \exp \left[\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right]$$

Keterangan :

R = Resistansi pada suhu rujukan T

R₀ = Resistansi pada suhu rujukan T₀.

β = suatu konstanta yang ditentukan dengan eksperimen

T = suhu awal

T₀ = suhu akhir

Berdasarkan koefisien suhunya, termistor dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu:

a) NTC (*Negative Temperature Coefficient*).

Merupakan termistor yang mempunyai koefisien negatif, artinya perbandingan antara suhu dengan resistansinya berbanding terbalik, jika resistansi meningkat maka suhu akan menurun dan sebaliknya.

$$\Delta R = -k\Delta T$$

keterangan :

ΔR = Perubahan resistansi

ΔT = Perubahan Suhu

k = Orde pertama koefisien suhu dari resistansi.

b) PTC (*Positive Temperature Coefficient*).

Merupakan termistor yang memiliki koefisien positif, yaitu antara suhu dengan resistansinya sebanding. Jika resistansinya naik maka suhunya juga akan mengalami kenaikan, begitupun sebaliknya.

Berikut ini rumus PTC :

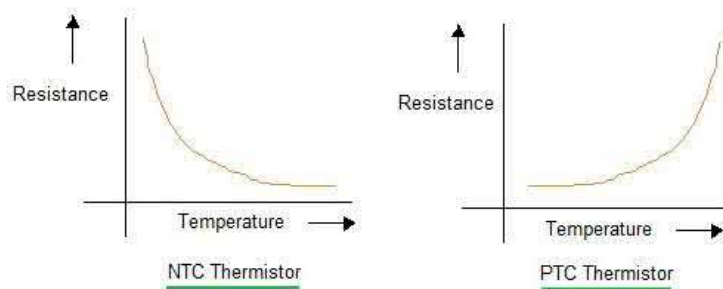
$$\Delta R = k\Delta T$$

keterangan :

ΔR = Perubahan resistansi

ΔT = Perubahan Suhu

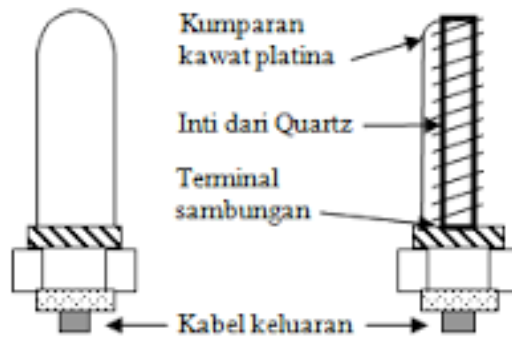
k = Orde pertama koefisien suhu dari resistansi.



Gambar 2.2 Karakteristik PTC dan NTC.

3. *Resistance Thermal Detector (RTD)*

RTD berfungsi untuk mengubah suhu menjadi resistansi/hambatan listrik yang sebanding dengan perubahan suhu. Semakin tinggi suhu, resistansinya semakin besar. RTD di buat dari bahan kawat tahan korosi, kawat tersebut dililitkan pada bahan keramik isolator.



Gambar 2.3 Kontruksi RTD.

Resistance Thermal Detector (RTD) perubahan tahanannya lebih *linear* terhadap temperatur uji tetapi koefisien lebih rendah dari termistor dan model matematis liniernya adalah :

$$R_T = R_0(1 + \alpha\Delta t)$$

Keterangan :

R_0 = tahanan konduktor pada temperatur awal (biasanya 0°C).

R_T = tahanan konduktor pada temperatur $t^\circ\text{C}$.

α = koefisien temperatur tahanan.

Δt = selisih antara temperatur kerja dengan temperatur awal.

4. *Thermokopel*

Berfungsi sebagai sensor suhu rendah dan tinggi yaitu suhu serendah 300°F sampai dengan suhu tinggi yang digunakan pada proses industri baja, gelas dan keramik yang lebih dari 3000°F . *Thermokopel* dibentuk dari dua buah penghantar yang berbeda jenisnya. Prinsip kerja dari *Thermokopel* yaitu jika salah satu bagian pangkal dipanasi, maka pada kedua ujung penghantar yang lain akan muncul beda potensial (*electro motive force*). Sebuah rangkaian termokopel sederhana dibentuk oleh 2 buah penghantar yang berbeda jenis

yang dililit bersama-sama. Salah satu ujung T merupakan *measuring junction* dan ujung yang lain sebagai *reference junction*. *Reference junction* dijaga pada suhu konstan 32 °F (0 °C). Bila ujung T dipanasi hingga terjadi perbedaan suhu terhadap ujung Tr, maka pada kedua ujung penghantar besi dan konstantan pada pangkal Tr menimbulkan beda potensial (*electro motive force*) sehingga mengalir arus listrik pada rangkaian tersebut, ini yang disebut *efek Seebeck*.

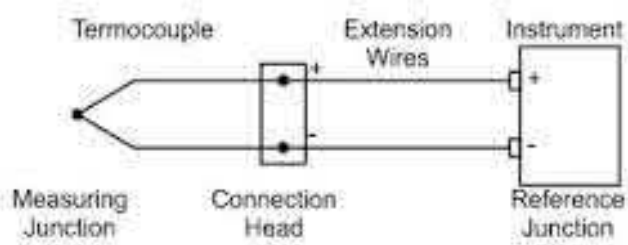


Figure 1.1
Typical thermocouple and extension leads

Gambar 2.4 Kontruksi pengukuran dengan Thermokopel

Thermokopel bekerja berdasarkan perbedaan pengukuran. Oleh karena itu jika digunakan untuk mengukur suhu yang tidak diketahui, terlebih dulu harus diketahui tegangan V_c pada suhu referensi. Bila *thermokopel* digunakan untuk mengukur suhu yang tinggi maka akan muncul tegangan sebesar V_h . Tegangan sesungguhnya adalah selisih antara V_c dan V_h yang disebut *net voltage* (V_{net}). Besarnya V_{net} ditentukan dengan rumus:

$$V_{net} = V_h - V_c$$

Keterangan :

V_{net} = tegangan keluaran thermokopel (Volt).

V_h = tegangan yang diukur pada suhu tinggi (Volt).

V_c = tegangan referensi (Volt).

5. Dioda

Dioda semikonduktor merupakan sambungan antara logam jenis P dengan jenis N. Dalam kondisi tidak diberi pengaruh ($V_D = 0V$) dari luar, pada sambungan tersebut terjadi *depletion layer* (daerah kosong =dk) dan merupakan energi halangan karena pada daerah tersebut elektron (negatif) dan *hole* (positif) saling berdifusi. Apabila dioda dicatu daya dengan $V_D > 0V$ atau P lebih positif terhadap N maka akan terjadi gaya pada *hole* (positif) dan elektron (negatif) yang mengakibatkan *hole* dan elektron bergerak menuju sambungan. Akibatnya daerah kosong menyempit dan energi halangan menjadi sangat kecil. Hal ini menyebabkan arus mengalir terutama akibat pembawa mayoritas yaitu jenis P ke N dan jenis N ke P. Sebaliknya arus pembawa minoritas mengalir arah sebaliknya tidak dipengaruhi oleh catu daya. Pemberian catu daya ini disebut dicatu maju atau *forward bias*.

Dalam kondisi dioda tidak mendapat catu daya dari luar dioda memiliki daerah kosong. Daerah kosong tersebut akan dapat mengalirkan arus bila catu daya yang dipasang mampu mengalahkan halangan pada daerah kosong tersebut. Tegangan E yang dibutuhkan lebih besar dari tegangan halangan (V_T) yang dimiliki oleh dioda. Berikut ini merupakan perhitangn dari arus dioda :

$$I_D = I_S \left(e^{\left(\frac{V_D}{n \cdot V_T}\right)} - 1 \right)$$

Keterangan :

I_D = arus dioda.

I_S = arus jenuh mundur.

e = bilangan aturan dioda (2,71).

V_D = tegangan dioda.

n = konstanta dioda Ge = 1 , Si = 2.

V_T = tegangan ekuivalen temperatur.

Harga I_s suatu dioda dipengaruhi oleh temperatur tingkat *doping* dan geometri dioda. Sedangkan harga V_T ditentukan oleh persamaan:

$$V_T = \frac{K \cdot T}{q}$$

Keterangan :

V_T = tegangan ekuivalen temperatur (Volt).

K = konstanta Boltzman $1,381 \times 10^{-23}$ j/k

T = Temperatur mutlak (kelvin)

q = muatan elektron $1,602 \times 10^{-19}$ C

Pada arus tertentu, jika diberi arus konstan, kenaikan suhu menyebabkan tegangan turun berubah dari V_{D1} ke V_{D2} . Keadaan ini menjadikan dioda pertemuan positif dan negatif dapat dimanfaatkan sebagai sensor suhu.

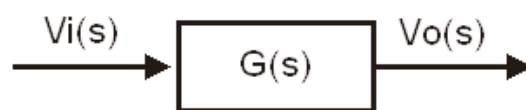
2.2.1.2 Sistem Kontrol

Sistem kontrol merupakan sistem yang dibuat dengan tujuan memperkecil nilai kesalahan hingga nol atau mendekati nilai yang dapat ditoleransi dengan cara mengendalikan keluaran sistem yang dihasilkan (Ogata,1996:72). Keluaran yang dikontrol adalah kestabilan, ketelitian dan kedinamisan. Dengan mengontrol keluaran dalam suatu sikap dan kondisi yang telah ditetapkan oleh masukan melalui elemen sistem kontrol diharapkan sistem dapat merespon perubahan tegangan dan

mengeksekusi perintah berdasarkan situasi yang terjadi. Hubungan antara masukan dan keluaran sistem dapat digambarkan dengan sebuah diagram blok yang didalamnya terdapat fungsi alih. Secara umum sistem kontrol di bagi menjadi dua tipe dasar yaitu sistem kontrol loop terbuka dan sistem kontrol loop tertutup (Kim,2017:57).

1. Sistem Kontrol Loop Terbuka

Sistem kontrol loop terbuka merupakan sistem kontrol yang sinyal keluarannya tidak berpengaruh terhadap aksi pengendalian. Sinyal keluaran tidak diumpun balikkan untuk dibandingkan dengan sinyal masukan. Ketetapan dari sistem tergantung dari kalibrasi yang dilakukan, sehingga kalibrasi sistem harus dilakukan dengan hati-hati agar ketelitian sistem tetap terjaga dan sistem dapat berfungsi dengan baik. sistem ini memiliki keunggulan berupa murah, sederhana dan mudah dalam desainnya. Berikut ini adalah gambar diagram blok dari sistem kontrol loop terbuka.



Gambar 2.5 diagram blok sistem kontrol loop terbuka

Fungsi alih kontrol loop terbuka :

$$V_o(s) = \frac{G(s)}{V_i(s)}$$

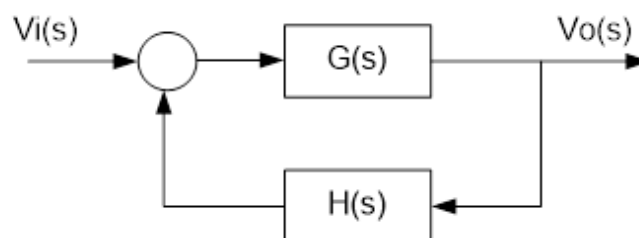
Keterangan :

$G(s)$: fungsi alih sistem

Pada diagram blok diatas sinyal hasil dari keluaran sistem tidak dibandingkan dengan sinyal masukan acuannya. akibatnya sistem menjadi rentan terhadap gangguan dan tidak stabil. Sistem ini memiliki nilai kesalahan yang cukup besar apabila diberi gangguan dari luar.

2. Kontrol Loop Tertutup

Sistem kontrol loop tertutup merupakan sistem kontrol yang sinyal keluarannya berpengaruh langsung terhadap aksi pengendalian. kontrol umpan balik ini bertujuan untuk mengurangi perbedaan keluaran sistem dengan referensi masukan dengan cara mengumpankan selisih sinyal masukan dengan umpan balik ke elemen kontrol. kontrol loop tertutup ini diharapkan dapat memperkecil kesalahan agar keluaran sistem mendekati nilai yang dikehendaki. Berikut ini adalah diagram blok dari sistem kontrol loop tertutup secara umum :



Gambar 2.6 diagram blok sistem kontrol loop tertutup

Fungsi alih sistem kontrol loop tertutup :

$$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} : \frac{G(s)}{1 + G(s) \cdot H(s)}$$

Keterangan :

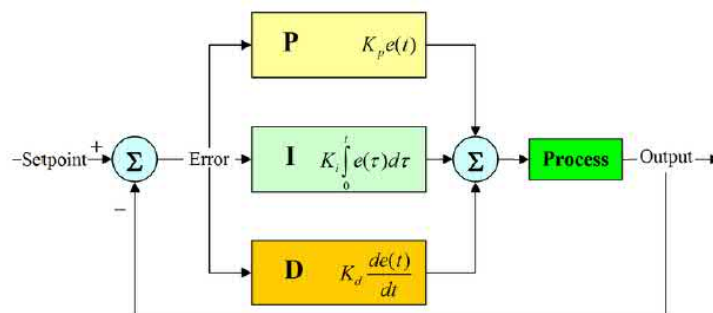
$G(s)$: fungsi alih sistem

$H(s)$: fungsi alih transduser

Parameter yang digunakan dalam menentukan suatu sistem *close loop* yaitu *rise time*, *overshoot*, *settling time*, dan *steady state error*. *Rise time* merupakan waktu yang dibutuhkan oleh *output plant* yang melebihi 90% dari tingkat yang diinginkan saat pertama kali sistem dijalankan, *Overshoot* merupakan seberapa besar peak level yang lebih tinggi dari *steady state*, *Setting time* merupakan waktu yang dibutuhkan sistem untuk meng-konvergenkan *steady state*. dan *Steady state error* merupakan perbedaan antara *steady state* output dengan output yang diinginkan.

A. PID (*Proportional Integral Derivative*)

PID (*Proportional Integral Derivative*) Controller merupakan kontroler yang digunakan untuk menentukan kepresisian suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik / *feed back* pada sistem tersebut. Sinyal kontrol ini memiliki parameter-parameter pengontrol, yaitu konstanta proporsional (K_p), konstanta integral (K_i) dan konstanta derivatif (K_d) (Arief.M.Ulfah, 2015) Berikut ini merupakan diagram blok dari kontrol PID :



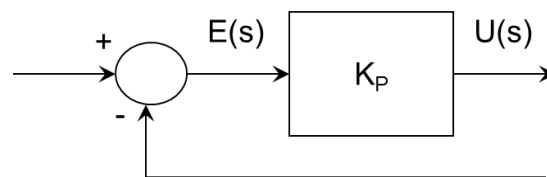
Gambar 2.7 Diagram PID

Jadi, fungsi alih pengendali PID dalam dinyatakan sebagai berikut :

$$G_s(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

1. Kontrol Proporsional (P)

Parameter proporsional (P) memiliki sinyal keluaran sebanding dengan sinyal *error* sistem. *Output* proportional adalah hasil perkalian antara konstanta proporsional dengan nilai *error* nya. Perubahan yang terjadi pada sinyal input akan menyebabkan sistem secara langsung mengubah output sebesar konstanta pengalinya. Berikut ini merupakan diagram blok kontroler proporsional :



Gambar 2.8 Blok diagram Kp

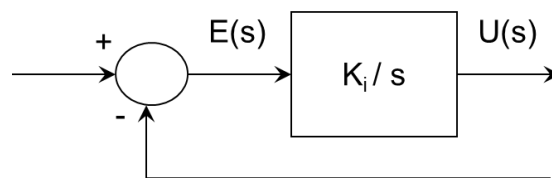
Persamaan kontroler proporsional dalam Laplace adalah sebagai berikut:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p$$

Parameter proporsional berguna untuk mengurangi *rise time*. Parameter proporsional memiliki nilai konstanta proporsional (K_p) yang mempengaruhi cepatnya respon kontroler untuk mencapai nilai *setpoint*. Semakin besar nilai K_p maka akan menghasilkan respon sistem yang semakin cepat, namun jika nilai K_p besar akan menyebabkan respon *overshoot*.

2. Kontrol Integral (I)

Parameter integral membantu menaikkan respon sistem sehingga menghasilkan *output* sesuai dengan yang diinginkan. Pada Kontroler integral respon sistem akan meningkat secara kontinyu terus-menerus kecuali nilai *error* yang diintegrasikan dengan batasan atas t dan batasan bawah 0 (nol). (Fernando, 2017:8). Berikut ini merupakan diagram blok kontroler integral :



Gambar 2.9 Blok diagram KI

Persamaan kontroler Integral dalam Laplace adalah sebagai berikut:

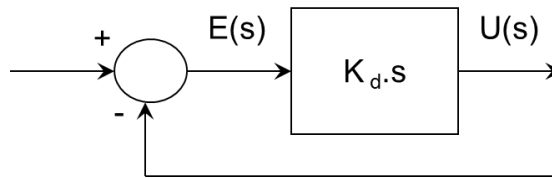
$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s}$$

Parameter integral berguna untuk menghilangkan *steady state error*. Selain itu, responnya membutuhkan selang waktu tertentu sehingga terkesan memperlambat respon.

3. Kontrol Derivatif (D)

Parameter derivatif memiliki sinyal keluaran yang sebanding dengan perubahan *error*. Semakin cepat *error* berubah, semakin besar aksi kontrol yang ditimbulkan. Karena sinyal berupa turunan maka pada saat peralihan nilai sinyal *error* akan menyebabkan respon impuls sebagai respon kontrolnya. Pada implementasinya, derivatif ini tidak pernah berdiri sendiri,

dikarenakan saat *error* tidak berubah (statis), maka derivatif tidak akan beraksi. Berikut ini merupakan diagram blok kontroler Derivatif:



Gambar 2.10 Blok diagram KD

Persamaan kontroler Derivatif dalam Laplace adalah sebagai berikut:

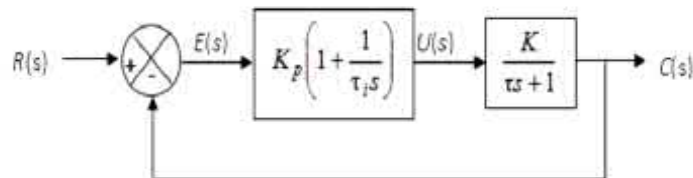
$$U(s) = K_d \cdot s \cdot E(s)$$

Parameter derivatif dapat menambah kestabilan sistem karena bersifat responsif terhadap perubahan error. Selain itu, parameter derivatif juga dapat memberikan efek redaman pada sistem yang berosilasi, sehingga bisa memperbesar pemberian nilai K_p . Berbagai macam metode tuning PID pun diusulkan dengan tujuan mendapatkan nilai parameter PID (K_p , K_i dan K_d) yang optimal.

4. Pengendali PI

Gabungan aksi kontrol proporsional dan aksi kontrol integral membentuk aksi kontrol proporsional plus integral (kendali PI). PI Controller Elemen-elemen controller P dan I secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem dan mengurangi steady state error. Nilai K_p harus dikurangi untuk menghindari overshoot yang berlebihan. Nilai K_i diambil lebih besar dari K_p untuk meniadakan steady state error (Sukamta.S, 2010) . Kekurangan kendali PI adalah memberikan nilai deviasi yang maksimum,

sehingga memiliki periode osilasi yang lebih lama. Berikut ini merupakan diagram blok kontroler PI :



Gambar 2.11 Blok diagram kontroler PI

Dalam pengendali PI dapat dirumuskan dengan persamaan berikut :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{Kp\left(1 + \frac{1}{\tau_i s}\right)\left(\frac{K}{\tau s + 1}\right)}{\left(Kp\left(1 + \frac{1}{\tau_i s}\right)\left(\frac{K}{\tau s + 1}\right)\right) + 1}$$

Dari persamaan sistem, terdapat beberapa pemilihan nilai τ_i , jika nilai $\tau_i = \tau$ maka hasil desain adalah orde satu. Sedangkan jika nilai $\tau_i \neq \tau$ maka hasil desain adalah orde dua.

$$\tau_i = \tau$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{KpK}{\tau_i s + KpK} = \frac{1}{\frac{\tau_i}{KpK}s + 1}$$

Atau

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{\tau^* s + 1}$$

dengan

$$\tau^* = \frac{\tau_i}{KpK}$$

$$PI = Kp\left(1 + \frac{1}{\tau_i s}\right)$$

Keterangan :

C(s) : Keluaran

R(s) : Masukan

K : Gain Overall

τ_i : Konstanta Waktu Tertentu

τ_s : Konstanta Waktu

PI : Proporsional Integral

Pengontrolan PI dilakukan apabila hasil respon tidak mempunyai overshoot yang tergolong pada sistem orde satu (zero off-set %Ess = 0%) (Ogata, 1985).

5. Pengendali PD

Teknik kendali proporsional-derivatif (PD) adalah pengendali yang merupakan gabungan antara teknik kendali proporsional (P) dengan Teknik kendali derivatif (D). Penambahan derivatif dapat menghilangkan osilasi yang berlebihan sistem pengendalian proporsional. Sedangkan kekurangan kendali PD adalah steady state error yang tidak dapat hilang. Dalam waktu kontinyu, sinyal keluaran pengendali PD dapat dirumuskan dengan persamaan berikut :

$$\text{Domain waktu : } U(t) = Kp e(t) + Kd \frac{de}{dt}$$

B. Karakteristik Sistem Orde Satu

Dari model matematis sebuah sistem, orde dari suatu sistem dapat dilihat dari besar pangkat variabel s (dalam transformasi Laplace). Suatu sistem dikatakan ber-orde satu jika fungsi alihnya mempunyai variabel s dengan pangkat tertinggi satu. Bentuk fisisnya bisa berupa rangkaian listrik RC, sistem termal, atau sistem lainnya. Model sistem orde satu secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K}{\tau s + 1}$$

Untuk menentukan parameter K (Gain Overall) jika sistem linier, maka hubungan Y_{ss} dengan X_{ss} dapat dituliskan sebagai berikut :

$$K = \frac{X_{ss}}{Y_{ss}}$$

Keterangan :

X_{ss} : Setpoin

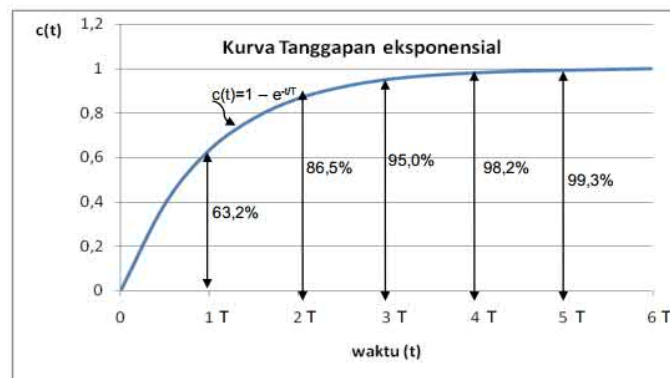
Y_{ss} : Hasil Respon

Untuk menentukan konstanta waktu (τ) dapat dihitung melalui respon keluaran sistem ketika mencapai 63,2% dari hasil akhirnya ($c(t)$) dimana $t = \tau$ dan dapat dihitung sebagai berikut :

$$C(\tau) = 63,2\% \times Y_{ss}$$

Keterangan :

$C(\tau)$ = Keluaran Sistem ketika 63,2% dari hasil akhir.



Gambar 2.12 Kurva Tanggapan Eksponensial Orde Satu

Untuk menentukan konstanta waktu tertentu (τ^*) dengan membagi konstanta waktu hasil dari $C(\tau)$ dengan konstanta model yang diinginkan.

$$\tau^* = \frac{\tau}{Km}$$

Keterangan :

τ^* = Konstanta waktu tertentu

τ = Konstanta Waktu

K_m = Konstanta Percepatan model yang diinginkan

Berdasarkan respon sistem masukan step dibedakan menjadi 2 yaitu; 1) Karakteristik respon Transien, 2) Karakteristik respon keadaan tunak (Steady State).

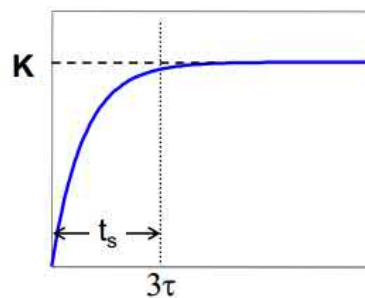
1. Karakteristik Respon Transien : Terdapat spesifikasi praktis pada respon ini sebagai berikut :

a. Waktu Tunak (Settling Time) : Ukuran waktu yang menyatakan respon sistem telah masuk pada daerah stabil.

$$ts(\pm 5\%) \approx 3\tau$$

$$ts(\pm 2\%) \approx 4\tau$$

$$ts(\pm 0.5\%) \approx 5\tau$$

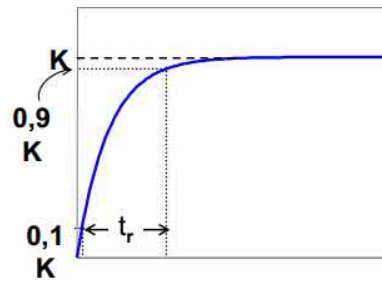


Gambar 2.13 Kurva Waktu Tunak

b. Waktu Naik (Rise Time) : Ukuran waktu yang menyatakan bahwa respon sistem telah naik dari 5% ke 95% atau 10% ke 90% dari respon keadaan waktu tunak.

$$tr(10 - 90\%) \approx \tau \ln 9$$

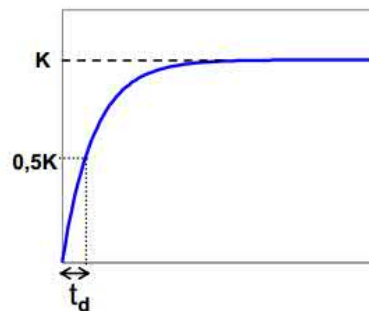
$$tr(5 - 95\%) \approx \tau \ln 19$$



Gambar 2.14 Kurva Waktu Naik

- c. Waktu Tunda (Delay Time) : Waktu yang dibutuhkan respon mulai $t = 0$ sampai respon mencapai 50 % dari respon steady state

$$t_d = \tau \ln 2$$



Gambar 2.15 Kurva Waktu Tunda

3. Karakteristik Respon Steady State

Respon steady state diukur berdasarkan error relatif pada keadaan steady state.

$$Ess\% = \frac{X_{ss} - y_{ss}}{X_{ss}}$$

Keterangan :

Ess % : Persen Error Steady State

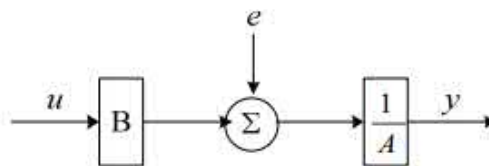
C. Identifikasi Sistem ARX

Identifikasi sistem adalah metodologi untuk membangun model matematika dari suatu sistem dinamis berdasarkan perhitungan dari sinyal input dan output

sistem. Secara konsep, identifikasi sistem merupakan pemodelan sistem dinamis dari data yang dihasilkan dalam eksperimen (Ljung L., 2011)

Pada tahap perancangan sampai dengan pada tahap penalaan sistem kendali, pengetahuan akan model dinamik (model matematik) sangat diperlukan (Tjokronegoro, 2003). Model sistem dinamik dapat dibangun melalui pengukuran masukan-keluaran yang disebut sebagai identifikasi kotak hitam. Model ARX adalah salah satu cara identifikasi kotak hitam.

AR-Auto Regressive yaitu output yang dihasilkan saat ini (current) berhubungan dengan nilai output sebelumnya (previous). X-eXogenous Input yaitu sistem tidak hanya bergantung pada input saat ini (current) tetapi juga berdasarkan rekam jejak (history) input. ARX merupakan model untuk sistem identifikasi yang paling sederhana (Majid, Abdul dan Priyambodo, Tri Kuntoro, 2013). Berikut merupakan struktur model ARX :



Gambar 2.16 Diagram Blok Struktur Model ARX

Bentuk umum model ARX :

$$A(q)y(t) = B(q)u(t) + e(t)$$

Keterangan :

$A(q)$: Polinomial A

$B(q)$: Polinomial B

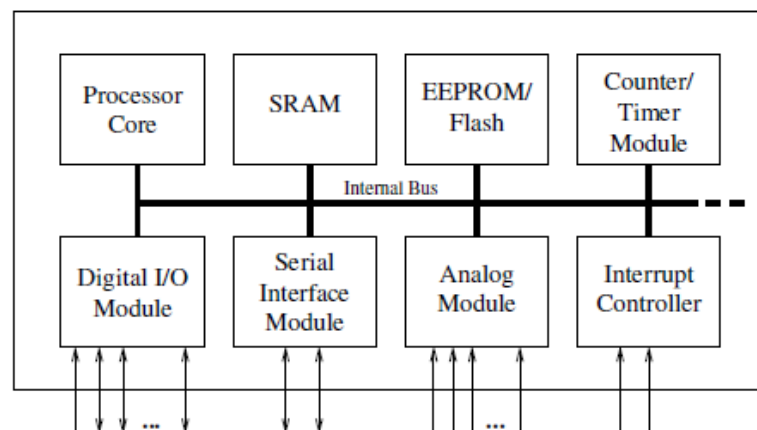
$y(t)$: Output

$u(t)$: Input

$e(t)$: eror

D. Mikrokontroler

Mikrokontroler disebut juga MCU (*Micro Chip Unit*) merupakan salah satu komponen elektronik atau IC yang memiliki beberapa sifat dan komponen seperti komputer, yaitu : CPU (*Control Processing Unit*) sebagai unit pemrosesan terpusat, memori kode, memori data, dan Port Input/Output(I/O). Mikrokontroler merupakan *single-chip* komputer yang dapat digunakan untuk mengontrol sistem yang mudah digunakan didalam berbagai peralatan rumah tangga, kantor, industri maupun robot (Ibrahim, 2006).



Gambar 2.17 Susunan Dasar Mikrokontroler

(Sumber : Gridling dan Weiss, 2007)

Penjelasan dari bagian-bagian dalam struktur mikrokontroler sebagai berikut :

1. Processor Core

CPU merupakan inti prosesor utama dari mikrokontroler yang terdiri dari beberapa bagian yaitu unit logika atau ALU (*Arithmetic Logic Unit*) dan unit

pengendali (*control unit*). Disamping itu juga mempunyai beberapa simpanan yang berukuran kecil disebut dengan register. Berikut penjelasannya :

a. *ALU (Arithmetic Logic Unit)*

ALU (Arithmetic Logic Unit) digunakan untuk melakukan pengolahan logika (dan fungsi matematis yang sesuai dengan instruksi program dan dapat menyimpan beberapa informasi.

b. *Control Unit*

Control Unit berfungsi untuk mengambil, mengkode, dan melaksanakan urutan instruksi suatu program yang tersimpan dalam memori. Tugas dari kontrol unit menentukan operasi mana yang harus dijalankan dan untuk mengkonfigurasi jalur data yang sesuai.

c. *Register File*

Register adalah alat penyimpanan yang mempunyai kecepatan akses cukup tinggi yang digunakan untuk menyimpan data sementara yang sedang diproses. Dengan adanya register data sementara ini maka proses pengolahan akan bisa dilakukan secara jauh lebih cepat.

2. Memori

klafisikasikan jenis memori berdasarkan sifat fisik didasarkan pada permanen atau tidaknya data yang tersimpan pada memori, dua jenis memori tersebut yaitu memori *volatile* dan *non-volatile*. Memori *volatile* merupakan memori yang datanya akan hilang segera setelah sistem daya dimatikan, biasanya di kenal dengan RAM (*Random Access Memory*). Sedangkan

memori non *voltage* adalah memori yang datanya dapat ditulis serta dihapus, tetapi data akan tetap ada walaupun dalam kondisi *off* serta tidak membutuhkan catu daya, biasanya dikenal dengan ROM (*Read Only Memory*). Berikut ini adalah klasifikasi jenis memori berdasarkan sifat fisik

a. RAM (*Random Access Memory*).

RAM (*Random Access Memory*) merupakan memori yang bersifat sementara, data pada memori ini disimpan hanya pada saat sistem dihidupkan. RAM digunakan karena memiliki kecepatan akses yang lebih baik dibandingkan memori non *volatile*, kecepatan aksesnya yaitu pada kisaran nanodetik sedangkan memori non *volatile* kecepatan aksesnya pada kisaran milidetik. RAM di bagi menjadi dua yaitu SRAM (*Static Random Access Memory*) dan DRAM (*Dynamic Random Access Memory*).

b. ROM (*Read Only Memory*)

ROM (*Read Only Memory*) merupakan jenis pertama memori semikonduktor *non-volatile*. ROM bersifat permanen, artinya program atau data yang disimpan di dalam ROM tidak mudah hilang atau berubah walau aliran listrik di matikan. Menyimpan data pada ROM tidak dapat dilakukan dengan mudah pasalnya program atau data yang ada di dalam ROM diisi langsung oleh pabrik yang membuatnya, Data pada ROM dimasukkan langsung melalui *mask* pada saat perakitan chip. Jenis-jenis ROM ada MROM (*Mask-ROM*), PROM (*Programmable Read Only Memory*), EPROM (*Erasable Programmable Read Only*

Memory), EEPROM (*Electrically Erasable and Programmable ROM*), Flash Memory dan NVRAM (*Non-Volatile RAM*).

3. Digital Input / Output (Digital I/O)

Digital I/O memiliki kemampuan untuk memantau dan mengontrol perangkat keras. Hampir semua mikrokontroler memiliki setidaknya memiliki 1-2 digital pin I/O yang dapat langsung terhubung ke perangkat keras. I/O pin umumnya dikelompokkan menjadi port dari 8 pin yang dapat diakses dengan akses byte tunggal. Pin dapat menjadi masukan saja, output saja, atau dua arah, yaitu, sebagai input dan output. Pin I/O ini berfungsi untuk mengeluarkan data digital atau menginput data digital.

Pada Digital I/O mikrokontroler memetakan tagangan dalam satu dari dua keadaan, yaitu logika 0 atau 1. Pada logika positif, 1 sesuai dengan keadaan tinggi (High) dan 0 sesuai dengan keadaan rendah (Low). Pada logika negatif 1 sesuai dengan keadaan rendah (Low) dan 0 sesuai dengan keadaan rendah (Low). Terdapat tiga register yang mengontrol perilaku pin yaitu *Data Direction Register (DDR)*, *Port Register (PORT)*, dan *Port Input Register (PIN)*. Berikut ini bagian-bagian yang terdapat pada digital I/O :

a. Digital Input

Digital input digunakan setiap kali sinyal harus ditafsirkan secara digital, yaitu keadaan tinggi (sesuai dengan logika 1) dan rendah (sesuai dengan 0). sinyal ditafsirkan sebagai tinggi atau rendah tergantung pada tingkat tegangan.

b. Digital Sampling

Proses ini mengubah representasi sinyal kontinu menjadi sinyal diskrit. Dapat diibaratkan sebagai saklar *on/off* yang membuka dan menutup setiap periode tertentu (T). Kecepatan pengambilan sampel (frekuensi sampling) dari sinyal analog yang akan dikonversi haruslah memenuhi kriteria Nyquist yaitu $F_s > 2 F_{in\ max}$. Dimana frekuensi sampling (F_s) minimum adalah 2 kali frekuensi sinyal analog yang akan dikonversi ($F_{in\ max}$). Ini adalah batas minimum dari frekuensi sample agar nantinya cuplikan yang diambil menunjukkan bentukan sinyal yang asli. Selanjutnya adalah proses perbandingan level-level tiap diskrit sinyal hasil sampling dengan tetapan level tertentu. Level-level ini adalah tetapan angka-angka yang dijadikan menjadi bilangan biner.

c. Digital Output

Digital output digunakan untuk mengatur output pin ke tingkat tegangan yang diberikan. Tingkat corresponding untuk tinggi dan rendah ditentukan oleh kontroler dan tergantung pada tegangan operasi kontroler. Setiap kali DDR pin diatur ke output, drive pin dikontrol sesuai dengan nilai yang diberikan dalam port. Pin keluaran umumnya memiliki port atau sumber arus, sehingga dapat membedakan antara output pin dan output sumber.

4. Analog Input / Output (Analog I/O)

Cara merubah Input sinyal analoga ke sinyal digital dalam mikrokontroller adalah dengan membandingkan tegangan referensi yang

diketahui. Sinyal *input analog* adalah suatu input yang memiliki bentuk gelombang yang kontinyu yang dinyatakan dalam gelombang sinusoidal.

a. ADC (*Analog to Digital Converter*)

ADC adalah perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog (sinyal kontinyu) menjadi sinyal digital. ADC berfungsi untuk menjembatani pemrosesan sinyal analog oleh sistem digital. ADC memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi.

Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam sample per second (SPS). Resolusi ADC menentukan ketelitian nilai hasil konversi ADC. ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit.

Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. berikut ini merupakan perhitungan perolehan sinyal digital pada ADC 10 bit.

$$ADC = \frac{1023}{V_{ref}} \times V_{in}$$

Keterangan :

ADC = *Analog Digital Converter*

V_{in} = Tegangan Input

V_{ref} = Tegangan Referensi

Bentuk komunikasi yang paling mendasar antara wujud digital dan analog adalah piranti (biasanya berupa IC) disebut komparator. secara sederhana membandingkan dua tegangan pada kedua terminal inputnya. Bergantung pada tegangan mana yang lebih besar, outputnya akan berupa sinyal digital 1 (*high*) atau 0 (*low*).

5. *Interrupt Circuit*

Rangkaian interupsi adalah rangkaian yang memiliki fungsi untuk mengendalikan sinyal-sinyal interupsi baik internal maupun eksternal. Adanya sinyal interupsi akan menghentikan eksekusi normal program mikrokontroler untuk selanjutnya menjalankan sub program dari interupsi tersebut.

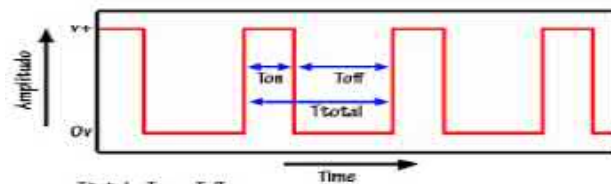
6. *Timer/Counter*

Timer/counter digunakan untuk melakukan salah satu dari 3 (tiga) fungsi berikut, yaitu: penghitungan suatu interval waktu (*interval timing*), penghitungan banyaknya kejadian (*event counting*) dan pembangkit *baud rate* (*baud rate generation*).

7. *PWM (Pulse Width Modulation)*

PWM adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam satu periode guna mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. PWM diciptakan dengan menswitch antara kondisi *on* (logika 1) dan *off* (logika 0). Aplikasi PWM berbasis mikrokontroler biasanya berupa pengendalian pengaturan nyala terang LED (Ruditio, 2012). Semakin besar perbandingan lama sinyal *high* dengan periode

sinyal maka semakin terang nyala LED. Modulasi lebar pulsa diperoleh dengan bantuan sebuah gelombang kotak yang disebut dengan *duty cycle*. T_{on} merupakan waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi tinggi (logika 1) dan pada posisi rendah (logika 0) (Samsul dan Akhmad, 2014).



Gambar 2.18 Sinyal PWM
(Sumber : Rudito, 2012)

Duty cycle dari PWM dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$D = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} \times 100\%$$

Keterangan :

D : *duty Cycle* (lamanya pulsa high dalam 1 periode)

T_{on} : waktu pulsa high

T_{off} : waktu pulsa low

Pada *Duty cycle* 100% berarti sinyal tegangan pengatur nyala terang LED dilewatkan seluruhnya.

2.2.1.3 Aktuator

Aktuator adalah sebuah peralatan mekanis untuk menggerakkan atau mengontrol sebuah mekanisme atau sistem yang dikendalikan oleh media pengontrol otomatis yang terprogram seperti mikrokontroler. Terdapat dua aktuator yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu Pemanas Listrik dan motor DC.

A. Pemanas Listrik

Elemen pemanas listrik banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Bentuk dan tipe dari *Electrical Heating Element* ini bermacam-macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan dipanaskan. Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi. Berikut ini jenis utama elemen pemanas listrik yaitu :

1. Elemen pemanas listrik bentuk dasar

Elemen pemanas listrik bentuk dasar yaitu elemen pemanas dimana *Resistance Wire* hanya dilapisi oleh isolator listrik, macam-macam elemen pemanas bentuk ini adalah : *Ceramik Heater, Silica, Quartz Heater, Bank Channel heater* dan *Black Body Ceramic Heater*.

2. Elemen listrik bentuk lanjut

Elemen pemanas listrik bentuk lanjut merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam sebagai penyesuain terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah : *mild stell, stainless stell*, tembaga dan kuningan. Berikut ini elemen pemanas sesuai dengan jenis dan bentuknya :

a. *Coil Heater*

Coil Heater berbentuk terbuka tidak tertutup isolator ataupun pipa selongsong. Baik digunakan untuk memanaskan udara karena panas yang dihasilkan dapat langsung di transfer ke udara sekitarnya. Pemanas jenis ini baik untuk diterapkan dikompur listrik, oven dan tungku dimana

media yang akan dipanaskan tidak langsung mengenai gulungan pemanas.

b. Inframerah

Pemanasan inframerah merupakan suatu kondisi ketika energi inframerah menyerang sebuah objek dengan kekuatan energi elektromagnetik yang dipancarkan di atas $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pemanasan inframerah banyak digunakan pada alat-alat seperti, pemanggang dan bola lampu. Lampu inframerah merupakan lampu pijar yang kawat pijarnya bersuhu di atas $\pm 2500^{\circ}\text{K}$. hal ini menyebabkan sinar inframerah yang dipancarkannya menjadi lebih banyak dari pada lampu pijar biasa. Lampu infra merah ini biasanya digunakan untuk melakukan proses pemanasan di bidang industri.

c. *Quartz Heater*

Pemanas jenis ini elemen pemanasnya digulung di atas batangan keramik, sehingga kedua terminal ada pada satu sisi, kemudian gulungan ini dimasukkan ke dalam *tube* berbahan dasar silika. *Tube* diberi lapisan pipa PVC atau teflon berlubang yang fungsinya sebagai pelindung *quartz* dari benturan dengan benda lain saat dicelup ke cairan yg akan dipanaskan. Penggunaan *quartz heater* ini untuk memanaskan cairan kimia dengan suhu yang tidak terlalu tinggi seperti pada pengerjaan *electroplating* dan *hardcrome*.

d. *Tubular Heater*

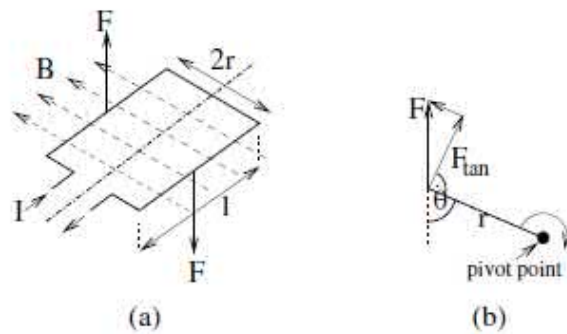
Tubular Heater ini paling banyak bentuknya, namun bisa digolongkan menurut pemakaiannya yaitu: *Tubular heater* standar Berbentuk lurus, *U form*, *W form*, *multyform* ataupun *over the side heater* yang digunakan untuk memanaskan udara atau cairan.

e. *Heater* kering

Heater kering adalah pemanas yang digunakan untuk memanaskan besi atau plat pada elemen. *Heater* ini hanya bisa digunakan pada kondisi kering. Biasanya *heater* jenis ini digunakan sebagai elemen pemanas utama pada setrika.

B. Motor DC

Motor DC menggunakan tegangan DC (*Direct Current*) untuk mencapai gerakan berputar. Pada motor DC terdapat jangkar dengan satu atau lebih kumparan terpisah. Tiap kumparan berujung pada cincin belah atau biasa disebut komutator. Dengan adanya insulator antara komutator, cincin belah dapat berperan sebagai saklar kutub ganda (*double pole, double throw switch*). Prinsip dasar yang digunakan untuk membuat gerakan berputar pada motor DC adalah gaya Lorentz dan medan magnet. Apabila sebuah kawat ditempatkan sebagai medan magnet statis kemudian dialiri arus listrik maka akan ada gaya yang bekerja pada kawat tersebut. Gaya ini dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan gerakan berputar, seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.19 Gaya Lorentz yang bekerja pada kawat
(Sumber : Gridling dan Weiss,2007)

gaya Lorentz akan menghasilkan torsi dan memutar kawat hingga bertepatan dengan vektor gaya. Pada saat kawat berada pada titik tersebut, gerakan akan berhenti. Namun, apabila arus dimatikan sebelum kawat mencapai puncaknya dan kemudian membalikkan arah aliran arus maka kawat akan melakukan rotasi 180^0 kearah berlawanan. Dengan mengulangi prosedur tersebut setiap kali kawat mencapai puncaknya, maka gerakan berputar motor yang terus menerus dapat dipertahankan. Besarnya gaya tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\vec{F} = \ell \cdot (\vec{I} \times \vec{B}).$$

Keterangan :

F : Gaya Lorentz (Joule)

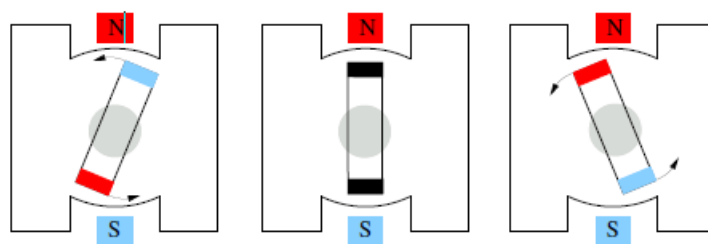
ℓ : Panjang kawat (Meter)

I : Arus listrik (Amper)

B : Medan magnet

Selain itu, fenomena medan elektromagnetik juga dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan gerakan berputar pada motor. Arus yang dilewatkan pada

sebuah kumparan akan menghasilkan medan magnet, polaritasnya tergantung pada arah arus. dengan menggunakan magnet permanen dan dua kumparan yang dialiri arus listrik, dapat menyebabkan magnet permanen bergerak mengikuti medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh kumparan. Letak masing-masing kutub dan aliran arus listrik akan menentukan arah gerakan atau putaran rotor.



Gambar 2.20 Gaya elektromagnetik yang bekerja pada magnet
(Sumber : Gridling dan Weiss,2007)

Motor DC berdasarkan prinsip konstruksinya di bagi menjadi dua jenis, yaitu motor DC bersikat (*brushed*) dan motor DC tanpa sikat (*brushless*). Pada motor DC dengan sikat, bagian stator bersifat magnet alami, sedangkan rotornya bersifat elektromagnetik. Stator adalah bagian pada motor yang diam dan rotor adalah bagian pada motor yang berputar.

Motor DC dengan sikat memiliki dua buah magnet permanen sehingga timbul medan magnet diantara kedua magnet tersebut. Didalam medan magnet ini jangkar atau rotor berputar. jangkar yang terletak ditengah motor memiliki jumlah kutub yang ganjil dan pada setiap kutubnya terdapat lilitan. lilitan ini terhubung ke area kontak yang disebut komutator. sikat yang terhubung ke kutub positif dan negatif motor memberikan daya ke lilitan sedemikian rupa sehingga kutub yang satu akan di tolak oleh magnet permanen yang berada didekatnya,

sedangkan lilitan lain akan ditarik ke magnet permanen yang lain sehingga menyebabkan jangkar berputar. komutator mengubah lilitan yang mendapat pengaruh polaritas medan magnet sehingga jangkar akan terus berputar selama kutub positif dan negatif motor diberi daya. kecepatan putar motor DC dirumuskan dengan persamaan berikut :

$$N = \frac{V_{TM} - I_A R_A}{K\phi}$$

Keterangan :

V_{TM} : Tegangan terminal

I_A : Arus jangkar motor

R_A : Hambatan jangkar motor

K : Konstanta motor

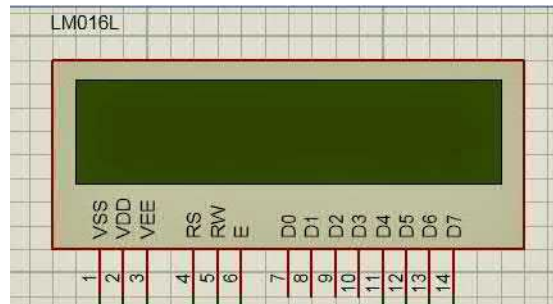
ϕ : Fluk magnet yang terbentuk pada motor

Pengendalian kecepatan putar motor DC dapat dilakukan dengan mengatur besar tegangan terminal V_{TM} . Metode lain yang bisa digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor DC adalah dengan teknik modulasi lebar pulsa atau *Pulse Width Modulation*(PWM).

c. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk menampilkan angka atau teks (Kusriyanto et al, 2017). Modul tampilan ini menggunakan modul tampilan kristal cair matrik titik dengan pengendali LCD di dalamnya guna mendisplay karakter yang terletak di dalam modul (I Made Sudana, 2010). Semua fungsi tampilan dikendalikan oleh

perintah-perintah yang telah diprogram, sehingga tampilan dari display dapat terlihat dengan jelas.



Gambar 2.21 LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2

2.2.2 DOC (*Day Old Chick*) Ayam Broiler

Berdasarkan kecepatan pertumbuhannya ayam broiler dibagi menjadi dua periode pertumbuhan yaitu periode *starter* dan periode *finisher*. Ayam dengan umur dibawah 10 hari setelah ayam itu menetas disebut dengan DOC (*Day Old Chick*). Pertumbuhan ayam dipengaruhi oleh suhu didalam kandang. Sedangkan suhu ideal di dalam kandang dipengaruhi oleh model kandang.

2.2.2.1 Ayam

Berdasarkan hasil produksinya ayam di bagi menjadi dua jenis yaitu :

1. Ayam Petelur

Ayam petelur merupakan ayam hasil persilangan yang dipelihara khusus untuk diambil telurnya. Ayam hasil persilangan ini memiliki produktivitas telur yang tinggi. Masing-masing jenis memiliki keunggulan tersendiri. Namun secara garis besar, keunggulan tersebut meliputi produktivitas bertelur tinggi, bobot telur tinggi, nilai konversi pakan yang

rendah, pertumbuhan yang baik, tingkat kehidupan tinggi, serta masa bertelur yang panjang (Marten, 2016).

2. Ayam Pedaging

Ayam pedaging atau biasa dikenal dengan ayam broiler merupakan hasil teknologi persilangan antara ayam Cornish dengan Plymouth Rock (Sregar et al., 1982). Ayam broiler memiliki karakteristik ekonomis, pertumbuhan yang cepat, konversi pakan yang rendah, dan memiliki daging dengan serat lunak. Berdasarkan kecepatan pertumbuhannya ayam broiler dibagi menjadi dua periode pertumbuhan yaitu periode *starter* dan periode *finisher*. Periode *starter* merupakan periode ayam umur 0 sampai 4 minggu dan periode *finisher* merupakan periode ayam umur 4 sampai 6 minggu.

Ayam umur kurang dari 10 hari biasa disebut dengan DOC (*Day Old Chick*), DOC ayam broiler yang baru saja menetas memiliki suhu tubuh 103° F atau 39 ° C (Purnama et al., 2002). Kebutuhan suhu DOC ayam broiler adalah 35°C-37°C (Pratama et al., 2015). Pada fase ini penggunaan *Brooder* sangat dibutuhkan mengingat anak ayam belum mampu mengatur suhu tubuhnya sendiri. *Brooder* adalah Pengganti indukan yang didalamnya terdapat alat pengatur suhu untuk memberikan panas tambahan pada ayam. Suhu kandang yang tidak stabil dan sesuai dengan kebutuhan suhu DOC ayam broiler dapat menyebabkan ayam mengalami hambatan pertumbuhan dan kematian. Selain itu makanan yang dimakan tidak digunakan untuk pertumbuhan melainkan hanya digunakan untuk konvensasi terhadap penyesuaian suhu tubuh ayam

terhadap suhu lingkungan (Purnama et al., 2002). Perbedaan model kandang juga mempengaruhi suhu ideal di dalam kandang.

2.2.2.2 Kandang

Kandang yang biasa digunakan pada peternakan ayam adalah sistem terbuka (*open house*) dan tertutup (*closed house*). Tetapi pada faktanya dilapangan sistem kandang yang biasa digunakan oleh peternak Indonesia adalah kandang sistem terbuka.

1. Kandang Sistem Terbuka (*Open House*)

Kandang *open house* merupakan kandang dengan dinding terbuka, biasanya terbuat dari kawat burung atau bambu, fungsinya sebagai sirkulasi udara dan sumber pencahayaan alami. Pada kondisi dinding terbuka suhu didalam kandang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan diluar kandang (Marten, 2016). Model kandang terbuka memberikan kontribusi yang kurang bagus bila dibandingkan dengan model kandang sistem tertutup. Hal itu disebabkan karena sistem kandang terbuka memiliki respon kurang baik terhadap kondisi cuaca yang buruk atau perubahan cuaca yang ekstrim.

2. Kandang Sistem Tertutup (*Close House*)

Kandang *closed house* merupakan sistem kandang yang mampu mengeluarkan kelebihan panas, kelebihan uap air, gas-gas yang berbahaya seperti CO, CO₂ dan NH₃ yang ada dalam kandang dan sekaligus mampu menyediakan kebutuhan oksigen bagi ayam (Prihandanu et al., 2015). Secara konstruksi, kandang tertutup dibedakan atas dua sistem yakni pertama sistem *tunnel* yang mengandalkan aliran angin untuk mengeluarkan gas sisa, panas,

uap air dan menyediakan oksigen untuk kebutuhan ayam. Sistem *tunnel* ini lebih cocok untuk area dengan temperatur maksimal tidak lebih dari 30°C (Marten, 2016). Sistem kedua adalah *evaporative cooling system* yang mengandalkan aliran angin dan proses evaporasi dengan bantuan angin. Sistem ini hanya cocok untuk daerah panas dengan suhu udara di atas 35°C, (Prihandanu et al., 2015). Suhu kandang yang ideal untuk DOC ayam broiler adalah kisaran 35°C – 37°C.

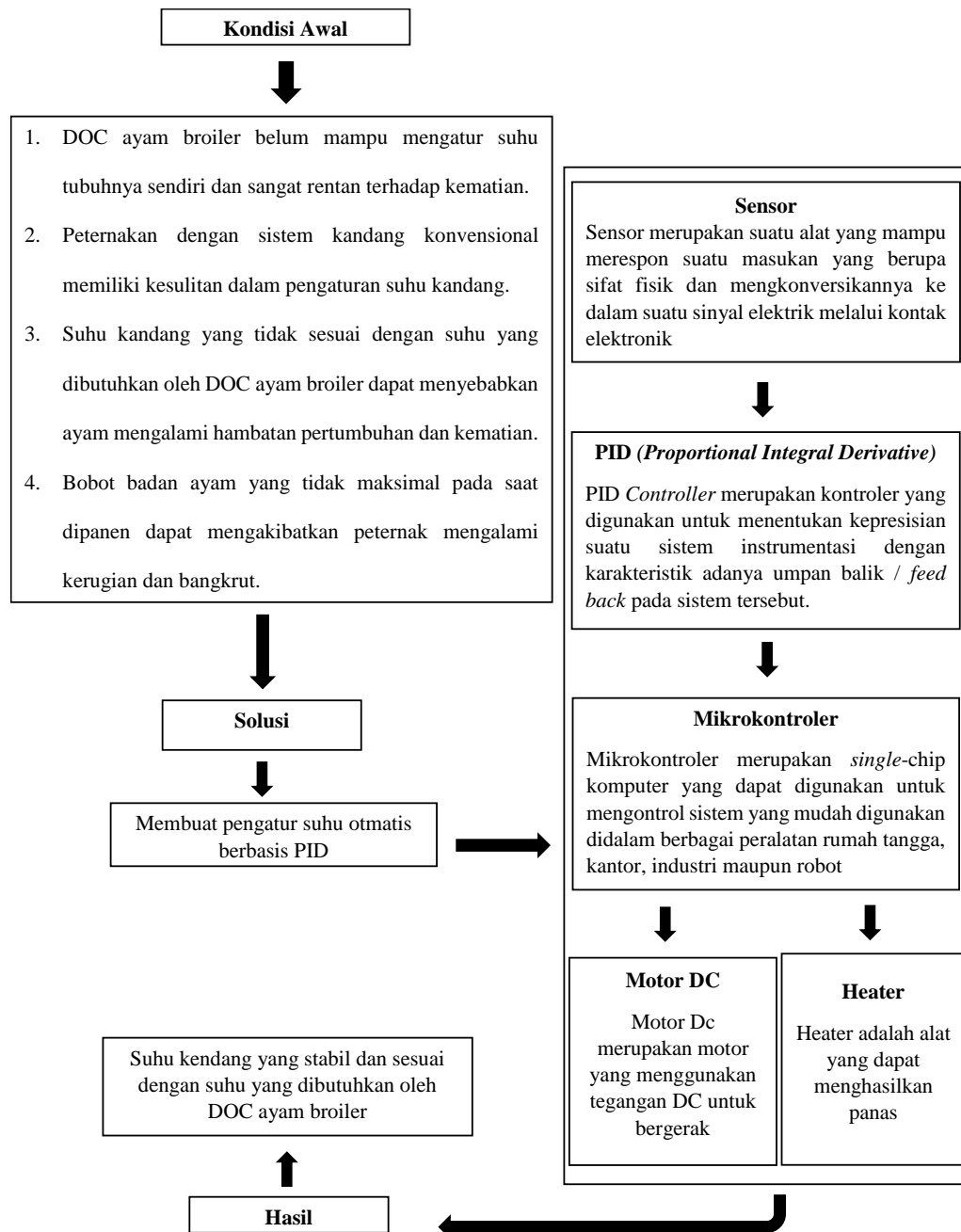
2.2 Kerangka Teoritik

DOC ayam broiler belum mampu mengatur suhu tubuhnya sendiri. Pemberian suhu kandang yang tidak sesuai dengan suhu yang dibutuhkan oleh ayam dapat menyebabkan ayam mengalami hambatan pertumbuhan dan kematian. Peternakan di Indonesia pada umumnya masih menggunakan sistem kandang konvensional, sistem ini memiliki kesulitan dalam pengaturan dan penstabilan suhu kandang.

Sensor adalah suatu alat yang mampu merespon suatu masukan yang berupa sifat fisik dan mengkonversikannya ke dalam suatu sinyal elektrik melalui kontak elektronik. Sensor Suhu adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu. Sistem kontrol merupakan sistem yang dibuat dengan tujuan memperkecil nilai kesalahan hingga nol atau mendekati nilai yang dapat ditoleransi dengan cara mengendalikan keluaran sistem yang dihasilkan (Ogata, 1996:72). PID (*Proportional Integral Derivative*) *Controller* merupakan kontroler yang digunakan untuk menentukan kepresisian suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik /

feed back pada sistem tersebut.). Mikrokontroler merupakan *single-chip* komputer yang dapat digunakan untuk mengontrol sistem yang mudah digunakan didalam berbagai peralatan rumah tangga, kantor, industri maupun robot (Ibrahim, 2006). Aktuator adalah sebuah peralatan mekanis untuk menggerakkan atau mengontrol sebuah mekanisme atau sistem yang dikendalikan oleh media pengontrol otomatis yang terprogram. Pemanas Listrik adalah alat yang mampu merubah energi listrik menjadi energi panas. Motor DC merupakan motor yang dalam prinsip kerjanya menggunakan tegangan DC dalam menghasilkan putaran.

Berdasarkan teori-teori yang telah dipaparkan maka dengan itu dapat dibuat sistem pengatur suhu otomatis berbasis PID untuk DOC ayam broiler. Berdasarkan hal tersebut maka kerangka teoritis dapat dikemukakan dengan gambar berikut :



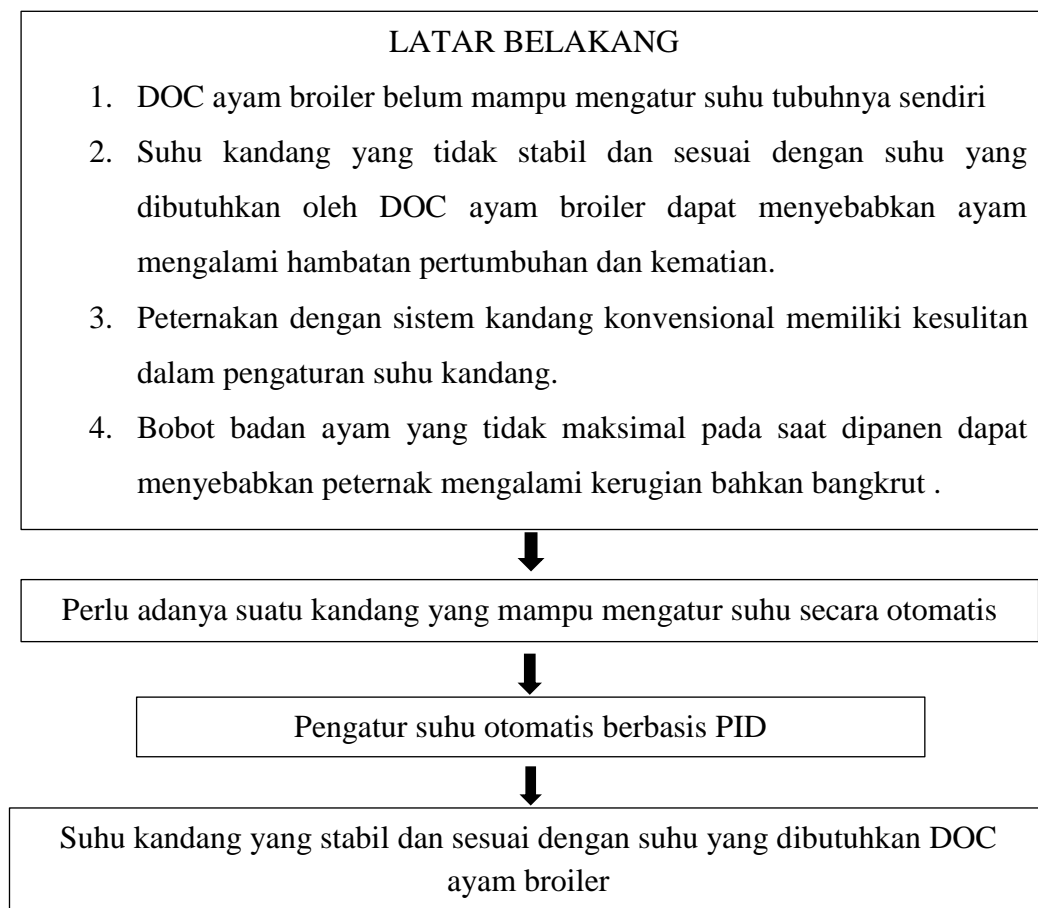
Gambar 2.22 Bagan Kerangka Teoritik

2.4 Kerangka Berfikir

DOC ayam broiler belum mampu mengatur suhu tubuhnya sendiri, oleh karena itu penggunaan pemanas menjadi sangat diperlukan dalam merawat ayam broiler pada periode ini. Sistem kandang konvensional memiliki kesulitan dalam

pengaturan suhu kandang. Pemeliharaan DOC ayam broiler pada suhu kandang yang tidak sesuai dapat menyebabkan DOC ayam broiler mengalami hambatan pertumbuhan dan kematian.

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan diatas, maka perlu dibuat suatu pengatur suhu otomatis berbasis PID pada kandang DOC ayam broiler supaya ayam yang berada didalam kandang dapat merasa aman dan nyaman. Berikut merupakan bagan kerangka berfikir pengatur suhu otomatis pada prototype smart cage untuk DOC ayam broiler berbasis PID :



Gambar 2.23 Bagan Kerangka Berfikir.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka didapatkan simpulan sebagai berikut:

1. Kontrol PID pada Pengatur Suhu Otomatis pada *Prototype Smart Cage* untuk DOC Ayam Broiler dirancang dengan metode identifikasi sistem ARX dengan nilai konstanta $K_p = 6,825$, $K_i = 0.575$, $K_d = 0$. Dengan konstanta tersebut respon sistem kontrol mampu menstabilkan suhu didalam *prototype smart cage* untuk DOC ayam broiler.
2. Pengatur Suhu Otomatis pada *Prototype Smart Cage* untuk DOC Ayam Broiler Berbasis PID dapat bekerja dengan baik sesuai perancangan. Pada pengujian Pengatur Suhu Otomatis pada *Prototype Smart Cage* untuk DOC Ayam Broiler Berbasis PID menghasilkan Waktu delay (τ_d) sebesar 99 detik, Waktu naik (τ_r) sebesar 791 detik, maksimum *Overshoot* (MO) atau nilai puncak respon sebesar 0% dan *Error Steady State* (ESS) atau besar error yang terjadi untuk mencapai steady state sebesar 3.71% yang mengindikasikan pengontrolan temperatur berjalan baik di kondisi lingkungan berubah-ubah.

B. Saran

Berdasarkan simpulan diatas ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan sistem agar hasil lebih maksimal yaitu sebagai berikut:

1. Menggunakan jenis sensor dengan tingkat keakuratan pembacaan dan kestabilan yang lebih tinggi.
2. Menerapkan penggunaan kontrol tambahan seperti *fuzzy logic* agar dapat mengurangi nilai *error steady state* (ESS).
3. Menggunakan sumber tegangan cadangan, seperti sumber tegangan baterai agar pada saat terjadi pemutusan hubungan listrik oleh PLN alat pemanas dapat tetap bekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, U.M. 2015. Aplikasi Kontrol PID untuk Kontrol Suhu dan Humidity pada Sistem Pengeringan Seledri. *Jurnal Teknik Elektro* 3 (2).
- Budianto, E.W.S., Ramadiani dan A. Harsa. 2017. Prototype Sistem Kendalin Pengaturan Suhu dan Kelembaban Kandang Ayam Broiler Berbasis Mikrokontroler Atmega 328. *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi* 2 (2).
- Chopade, S.A., S.W. Khubalkar., A.S. Junghare dan M.V. Aware. 2016. Fractional Order PID Controller for Buck Converter fed DC Motor. *IEEE First International Conference on Control, Measurement and Instrumentation* 35(1): 331-335.
- Gridling, G dan B. Weiss. 2007. *Introduction to Microcontrollers*. Vienna University of Technology Institute of Computer Engineering Embedded Computing System Group.
- Hazami, S., S. Hardienata dan M.I. Suriansyah. 2015. Model Pengatur Suhu dan Kelembaban Kandang Ayam Broiler Menggunakan Mikrokontroler Atmega 16 dan Sensor DHT11. *Jurnal*.
- Ibrahim, Droğan. 2006. *Microcontroller Based Applied Control*. Cyprus : John Willey and Sons, Ltd.
- Kim, S.H. 2017. 'Electric Motor Control', *Elsevier Science*; 1 edisi (Mei, 26, 2017). chapter 2.
- Kusriyanto. M., Warindi, I. P. Siregar. 2017. Rancang Bangun Kendali Suhu dan Kelembaban pada Kumbu Jamur Tiram Berbasis Arduini Mega 2560. *Jurnal Teknoin* 23 (3).
- Ljung L., 2011. *System Identification Toolbox™ User's Guide*. Natick: The MathWorks, Inc.
- Merten, D. 2016. Pengaturan Suhu dan Kelembaban pada Kandang Ayam Tertutup Berbasis Sensor DHT11. *Jurnal*.
- Murwani, Retno. 2010. *Broiler Modern*. Semarang: Widya Karya.
- Ogata, Katsuhiko. 1985. *Teknik Kontrol Otomatik* jilid 1. Terjemahan Edi Laksono. Jakarta: Erlangga.
- Ogata. K. 1996. *Teknik Kontrol Otomatik*. Jakarta : PT Penerbit Erlangga
- Pratama, A.A., A. Rusdinar dan B. Setiadi. 2015. Perancangan dan Realisasi Prototype Sistem Kontrol Otomatis untuk Kandang Anak Ayam Menggunakan Metode Logika Fuzzy. *Jurnal*.

- Prihandanu, R., A. Trisno dan Y. Yuniati. 2015. Model Sistem Kandang Ayam Closed House Otomatis Menggunakan Omron Sysmac CPM1A 20-CDR-A-V1. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro* 9 (1).
- Purnama, R.D. 2002. Respon Pertumbuhan Ayam Broiler Periode Starter yang dipelihara Dalam Ruang dengan Suhu Terkontrol. *Jurnal*.
- Saat, S.B. 2014. *DC Motor Speed Control using Fuzzy Logic Controller*. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia.
- Shafiudin. S dan N. Kholis. 2017. Sistem Monitoring dan Pengontrolan Temperatur pada Inkubator Penetas Telur Berbasis PID. *Jurnal*.
- Siregar, A.P., M. Sabrani dan P.Suroprawiro. 1982. *Tehnik Beternak Ayam Ras di Indonesia*. Jakarta : Margie Group.
- Sudana, I.M. 2010. Alat Ukur Kadar Air Dalam Tanah (Soil Tester) Berbasis Mikrokontroler AT89C51. *Jurnal Teknik Elektro* 2 (1).
- Sukamta, S. 2010. Perancangan Kendali PID dengan Matlab. *Jurnal Teknik Elektro* 2 (1).
- Sumbodo, W. 2008. *Teknik Produksi Mesin Industri Jilid 3*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Wijaya, E.C., I. Setiawan dan Wahyudi. 2004. Auto Tuning PID Berbasis Metode Osilasi Ziegler-Nichols Menggunakan Mikroontroler AT89S52 pada Pengendalian Suhu. *Jurnal*.
- Wijayanti, R.P., W.B. Rositawati dan Indrati. 2011. Effect of House Temperute on Performance of Broiler in Starter Period. *Tesis*. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang.