

**APLIKASI KONTROLER PID DALAM PENGENDALIAN SUHU
INKUBATOR BAYI PREMATUR BERBASIS MIKROKONTROLER
ATMEGA 2560**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

JEFRY SUGIHATMOKO
NIM. 105060307111003 - 63

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

MALANG

2015

LEMBAR PERSETUJUAN

**APLIKASI KONTROLER PID DALAM PENGENDALIAN SUHU
INKUBATOR BAYI PREMATUR BERBASIS MIKROKONTROLER
ATMEGA 2560**

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

JEFRY SUGIHATMOKO
NIM. 105060307111003 - 63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing 1

Pembimbing 2

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

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

LEMBAR PENGESAHAN

**APLIKASI KONTROLER PID DALAM PENGENDALIAN SUHU
INKUBATOR BAYI PREMATUR BERBASIS MIKROKONTROLER**

ATMEGA 2560

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Disusun oleh:

**JEFRY SUGIHATMOKO
NIM. 105060307111003 – 63**

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

MAJELIS PENGUJI

Dr. Ir. Bambang Siswojo, MT.
NIP. 19621211 198802 1 001

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

Dr. Ir. Erni Yudaningsyas, MT.
NIP. 19650913 199002 2 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19741203 200012 1 001

PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim.

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aplikasi Kontroler PID dalam Pengendalian Suhu Inkubator Bayi Prematur Berbasis Mikrokontroler ATMega 2560”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak, sehingga selalu membangkitkan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini. Tulisan ini dipersembahkan kepada :

- Allah SWT yang Maha Pengasih dan Penyayang serta selalu memberikan petunjuk kepada hambaNya sehingga diberikan kemudahan dan Rasulullah Muhammad SAW, semoga shalawat serta salam selalu tercurah kepada beliau.
- Kedua orang tua tercinta, Bapak Witomo dan Ibu Sutami yang senantiasa mendoakan, memberikan nasihat, dorongan, perhatian, dan kesabaran selama ini. Serta kakak tercinta Eka Panji Saptaprasetya yang senantiasa memberikan semangat dan dukungannya. Serta adik tercinta Aviva Tayyaarunita.
- Icha yang selalu memberikan semangat, kesabaran, perhatian serta dukungannya untuk menyelesaikan skripsi ini.
- Lunna yang telah memberikan penulis berbagai pengalaman dan pelajaran tentang hidup.
- Bapak M. Aziz Muslim, ST.,MT.,Ph.D sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Hadi Suyono, ST.,MT.,Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu dalam memberi bimbingan akademik.
- Bapak Ir. Purwanto, MT. selaku KKDK Teknik Kontrol sekaligus Dosen Pembimbing I atas memberikan banyak waktu, ilmu, masukan, kesabaran dalam membimbing.

- Ibu Rahmadwati, ST.,MT.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing II atas memberikan banyak waktu, ilmu, masukan, kesabaran, dan memberikan solusi dalam membimbing.
- Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, MT. selaku Kepala Laboratorium Sistem Kontrol dan yang telah memberikan izin penggunaan laboratorium Sistem Kontrol yang telah diberikan.
- Bapak Ibu Dosen, karyawan, staf recording dan RBTE atas segala bantuan dan kemudahan.
- Sahabat MaGiC, Hanip, Gilang, Reiner, Hesta, Randy, Dandy, Rangga, Luthfi, Kadek karena telah berbagi semangat, cerita, dan waktu yang menyenangkan selama menjadi mahasiswa.
- Yudhi yang sangat membantu karena ikhlas meminjamkan peralatan dan membagi pengalaman serta ilmunya pada penulis.
- Sahabat yang telah menyelesaikan skripsi dan masih meluangkan waktunya untuk membantu penulis Sesa, Adin dan Luthfi.
- Teman teman tim dota2 yang selalu memberikan pengertiannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
- Sabahat seperjuangan skripsi Hanip, Hesta, dan Rangga.
- Mas Devi yang telah membantu dan berbagi ilmu dengan penulis.
- Teristimewa teman teman seangkatan MAGNET 2010, yang memberikan doa, semangat serta dukungan kepada penulis.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini belumlah sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi. Oleh karena itu, penulis mengharap kritik dan saran untuk penyempurnaan tulisan di masa yang akan datang. Penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, April 2015

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
ABSTRAK	viii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Sistematika penulisan	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bayi Prematur	4
2.2 Inkubator Bayi	4
2.3 Arduino Mega 2560	5
2.4 Sensor Suhu DS18B20	6
2.5 Motor Servo	7
2.6 PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	8
2.7 <i>Dimmer</i>	9
2.8 Kontroler	10
2.8.1 Kontroler Proporsional	11
2.8.2 Kontroler Integral	12
2.8.3 Kontroler Derivatif	13
2.8.4 Kontroler Proporsional Integral Derivatif (PID)	13
2.8.5 Metode Kontrol Proporsional Integral Derivatif (PID)	14

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Studi Literatur	18
---------------------------	----

3.2 Penentuan Spesifikasi Alat.....	18
3.3 Perancangan Sistem.....	19
3.4 Pengambilan Kesimpulan.....	19

BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

4.1 Blok Diagram Sistem	20
4.2 Spesifikasi Alat	21
4.3 Prinsip Kerja Sistem.....	21
4.4 Perancangan Perangkat Keras	22
4.4.1 Perancangan Sensor DS18B20.....	22
4.4.2 Perancangan Motor DC Servo.....	23
4.4.3 Perancangan Kipas DC.....	23
4.4.4 Modul Arduino Mega 2560.....	24
4.4.5 Perancangan Kontroler.....	24
4.5 Perancangan Perangkat Lunak	27

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

5.1 Pengujian Sensor DS18B20	28
5.2 Pengujian Motor DC Servo	30
5.3 Pengujian Rangkaian <i>Dimmer</i> dan Panas Lampu	37
5.4 Pengujian <i>Driver</i> Kipas	39
5.5 Pengujian Tanpa Kontroler	40
5.6 Pengujian Keseluruhan Sistem.....	41
5.5 Pengujian Keseluruhan Sistem dengan Gangguan.....	43

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan.....	45
6.2 Saran.....	45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

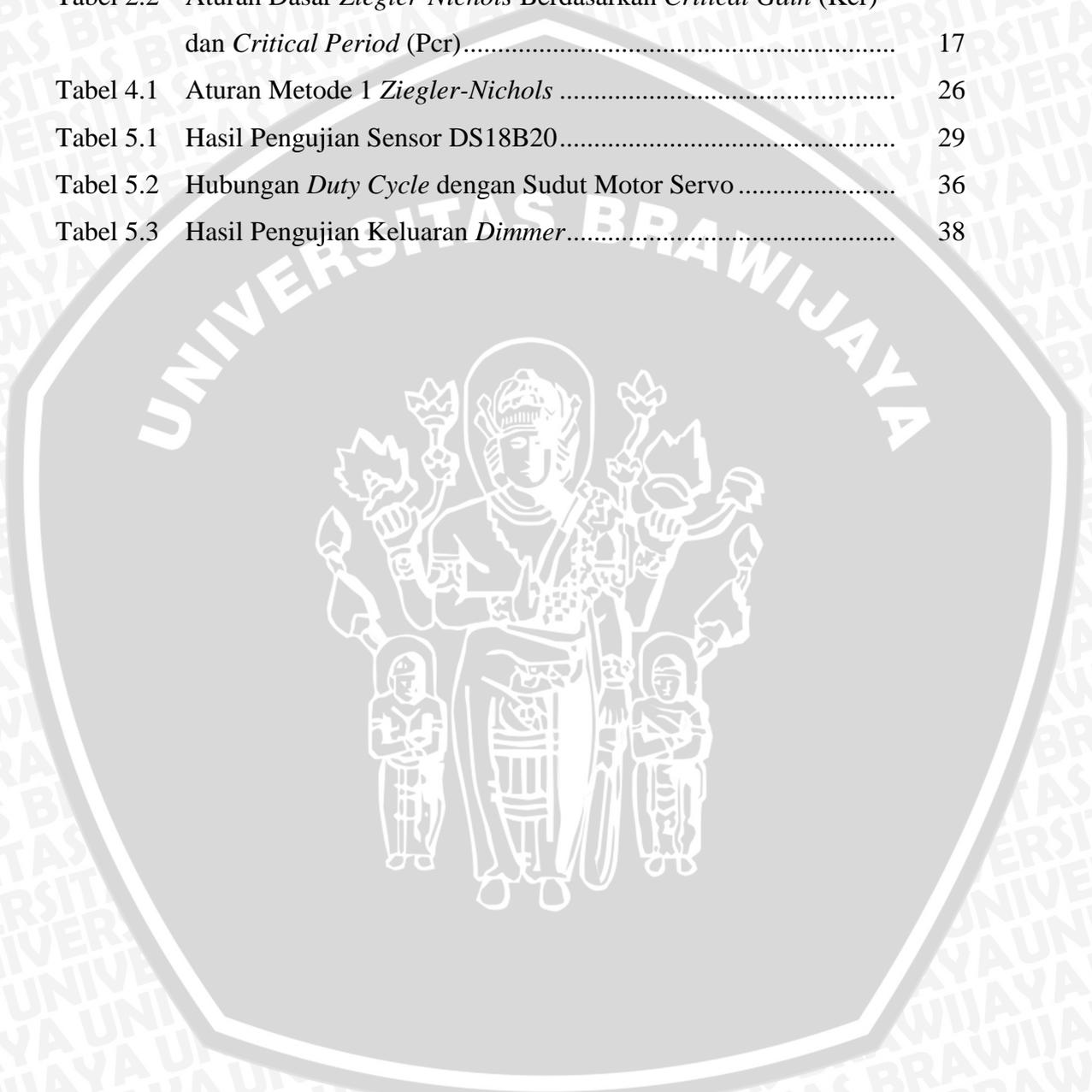
Gambar 2.1	Arduino Mega.....	6
Gambar 2.2	Sensor Suhu DS18B20	7
Gambar 2.3	Skema Sensor Suhu DS18B20	7
Gambar 2.4	Motor Servo.....	8
Gambar 2.5	Pengaturan Sudut Motor Servo	9
Gambar 2.6	<i>Dimmer</i> Rotasi.....	10
Gambar 2.7	Diagram Blok Kontroler Proporsional	11
Gambar 2.8	Diagram Blok Kontroler Integral	12
Gambar 2.9	Diagram Blok Kontroler Derivatif	13
Gambar 2.10	Diagram Blok Kontroler PID	14
Gambar 2.11	Kurva Respon <i>Unit Step</i> yang Menunjukkan <i>25% Maximum Over Shoot</i>	15
Gambar 2.12	Respon Plan Terhadap Masukan Berupa <i>Unit Step</i>	15
Gambar 2.13	Kurva Respon yang Berbentuk S	15
Gambar 2.14	Sistem Loop Tertutup dengan Kontrol Proporsional.....	17
Gambar 2.15	Osilasi Berkesinambungan dengan Periode Pcr	17
Gambar 4.1	Diagram Balok Sistem Pengendalian Suhu (Perancangan).....	20
Gambar 4.2	Desain Perancangan Alat.....	21
Gambar 4.3	Perancangan Sensor DS18B20	23
Gambar 4.4	<i>Driver</i> Kipas DC.....	23
Gambar 4.5	Desain Sistem Arduino Mega 2560.....	24
Gambar 4.6	Grafik Respon Karakteristik Suhu Ruang Inkubator Bayi Prematur	25
Gambar 4.7	Metode 1 <i>Ziegler Nichols</i> (Perancangan)	26
Gambar 4.8	<i>Flowchart</i> Keseluruhan Sistem (Perancangan)	27
Gambar 5.1	Grafik Hubungan Termometer dengan Sensor DS18B20	29
Gambar 5.2	Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 0°	31
Gambar 5.3	Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 30°	31
Gambar 5.4	Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 45°	32

Gambar 5.5	Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 60°	32
Gambar 5.6	Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 90°	33
Gambar 5.7	Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 120°	33
Gambar 5.8	Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 135°	34
Gambar 5.9	Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 150°	34
Gambar 5.10	Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 180°	35
Gambar 5.11	Grafik Hubungan <i>Duty Cycle</i> dengan Sudur Servo.....	36
Gambar 5.12	Hubungan Sudut <i>Dimmer</i> dengan Kenaikan Suhu.....	38
Gambar 5.13	Hubungan <i>Input</i> PWM dengan Tegangan Keluaran pada <i>Driver</i> Kipas.....	39
Gambar 5.14	Grafik Respon Sistem Tanpa Kontroler	41
Gambar 5.15	Grafik Respon Sistem dengan Nilai K_p , K_i , dan K_d	42
Gambar 5.16	Grafik Respon Sistem Keseluruhan dengan Pemberian Gangguan.....	44



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Aturan Penalaan <i>Ziegler-Nichols</i> Berdasarkan Respon <i>Unit Step</i> dari Plan.....	16
Tabel 2.2	Aturan Dasar <i>Ziegler-Nichols</i> Berdasarkan <i>Critical Gain</i> (K_{cr}) dan <i>Critical Period</i> (P_{cr}).....	17
Tabel 4.1	Aturan Metode 1 <i>Ziegler-Nichols</i>	26
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Sensor DS18B20.....	29
Tabel 5.2	Hubungan <i>Duty Cycle</i> dengan Sudut Motor Servo	36
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Keluaran <i>Dimmer</i>	38



ABSTRAK

Jefry Sugihatmoko, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, April 2015, Aplikasi Kontroler PID dalam Pengendalian Suhu Inkubator Bayi Prematur Berbasis Mikrokontroler ATmega 2560, Dosen Pembimbing: Ir. Purwanto, M.T., Rahmadwati, ST., MT., Ph.D.

Abstrak - Inkubator bayi prematur merupakan suatu alat untuk memberikan kehangatan pada suhu bayi prematur. Inkubator ini sangat dikhususkan untuk bayi prematur, karena bayi tersebut tidak memiliki daya tahan tubuh yang cukup dan belum mampu untuk mempertahankan suhu tubuhnya dari pengaruh suhu lingkungan luar. Sekarang ini inkubator menggunakan kontrol *on/off* dan beberapa kasus menggunakan metode pengaturan secara manual yang memerlukan pengamatan secara terus menerus. Hal tersebut cukup tidak efisien. Pada penelitian ini telah dirancang sistem pengendalian suhu inkubator secara otomatis dengan menggunakan kontrol PID, sehingga suhu ruang inkubator dapat menyesuaikan secara otomatis berdasarkan *setpoint* yang diinginkan. Sistem pemanasan ruangan inkubator ini menggunakan lampu yang dikontrol oleh *dimmer* yang diputar dengan motor DC servo agar dapat menghasilkan suhu panas sesuai *setpoint*. Saat suhu mendekati *setpoint*, suhu akan diratakan keseluruhan ruang inkubator dengan bantuan kipas DC. *Setpoint* suhu yang digunakan sebesar 37°C. Dari hasil pengujian alat yang telah dilakukan, didapatkan parameter PID dengan metode satu Ziegler-Nichols yaitu $K_p = 12,05$, $K_i = 0,13$, $K_d = 271,2$.

Kata Kunci: inkubator, bayi prematur, PID, *dimmer*, Ziegler-Nichols.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Bayi Prematur adalah bayi yang lahir dengan usia kehamilan kurang dari 37 minggu. Bayi yang terlahir prematur akan rentan terhadap infeksi penyakit dari luar karena tidak memiliki ketahanan tubuh yang cukup. Untuk mengoptimalkan kesehatan tubuhnya diperlukan beberapa cara dengan memperhatikan suhu tubuhnya, memperhatikan asupan gizinya, memberikan ASI, memberikan imunisasi.

Menjaga suhu tubuh bayi prematur sangat penting, karena tubuh bayi prematur belum memiliki pengaturan suhu tubuh yang baik. Apabila hal tersebut dibiarkan maka bayi akan kehilangan seluruh panas tubuhnya sehingga mengalami *hipotermia*. Bayi prematur memerlukan suhu ruang sebesar $36,5^{\circ}\text{C}$ – $37,5^{\circ}\text{C}$ agar kesehatan tubuhnya tetap terjaga. Pada umumnya pemberian suhu tubuh yang hangat pada bayi prematur adalah dengan menggunakan metode *Kangaroo Mother Care* (KMC) yaitu sebuah metode perawatan bayi prematur dengan cara meletakkan bayi di pelukan ibunya untuk menyalurkan kehangatan pada si bayi (Soetrisno Eddy., 2001). Namun metode tersebut tidak dapat dilakukan ketika si ibu harus meninggalkan bayinya, maka diperlukan sebuah alat penghangat untuk si bayi yang dapat memberikan kehangatan sesuai dengan suhu yang diperlukan bayi prematur.

Banyak inkubator bayi yang memberikan suhu yang diperlukan bayi prematur masih menggunakan kontrol *on/off* dan beberapa kasus masih menggunakan metode pengaturan secara manual yang membutuhkan pemantauan suhu ruang inkubator secara terus menerus, hal itu menyebabkan error suhu setting dengan suhu aktual tidak dapat dikontrol secara otomatis. Sehingga pada skripsi ini dibuatlah sebuah alat inkubator bayi prematur dengan metode kontrol PID. PID adalah kontroler yang merupakan gabungan dari kontroler proporsional, integral, dan derivatif. Gabungan dari ketiga kontroler tersebut diharapkan dapat menghasilkan keluaran sistem yang baik karena dapat saling menutupi kekurangan masing-masing kontroler P,I dan D. Keuntungan dari kontroler PID

adalah sistem yang sederhana sehingga lebih cepat mengambil sebuah keputusan. Sehingga diharapkan dengan penggunaan PID performa sistem menjadi baik dan respon sistem menjadi cepat keluaran sistem sesuai yang diinginkan. Dari beberapa kelebihan kontroler PID tersebut diharapkan alat inkubator bayi prematur memiliki kontrol suhu yang baik dan otomatis sesuai yang diinginkan.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah:

1. Bagaimana merancang inkubator bayi prematur dengan mempertahankan suhu ruangan inkubator sesuai dengan *setpoint* (37°C) dari pengaruh suhu lingkungan dengan kontroler PID.
2. Bagaimana merancang sistem inkubator bayi prematur dengan menggunakan mikrokontroler Atmega2560.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga agar tidak melebar nya masalah yang dibahas dalam pembuatan miniatur ini, maka penulis membatasi permasalahan yang dibahas, yaitu:

1. Sistem ini merupakan model prototipe inkubator bayi prematur desain sendiri.
2. *Setpoint* suhu yang digunakan 37°C .
3. Sensor yang digunakan adalah 1 sensor suhu DS18B20.
4. Digunakan 4 lampu yang diatur menggunakan dimmer dan 2 kipas DC sebagai sirkulasi udara.
5. Percobaan dilakukan pada ruangan tidak berAC.
6. Pembahasan hanya ditekankan dalam pengendalian suhu ruang inkubator bayi prematur (pengaruh berat badan dan kelembaban udara tidak dibahas)
7. Pembahasan ditekankan pada penggunaan kontroler PID pada sistem dengan metode 1 *Ziegler-Nichols*, untuk masalah elektrik dan sistematis tidak dibahas secara mendalam.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan alat ini adalah selain sebagai persyaratan penyelesaian studi Strata-I Teknik Elektro Universitas Brawijaya juga memiliki tujuan khusus yaitu mengendalikan suhu ruang inkubator bayi prematur sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan (suhu 37°C) menggunakan kontroler PID.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dari penulisan skripsi ini adalah:

BAB I Pendahuluan

Menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Menjelaskan dasar teori penunjang penelitian yang ada pada alat ini, yang terdiri dari teori dasar tentang bayi prematur, inkubator, Arduino Mega, motor servo, dimmer, sensor suhu dan kontroler.

BAB III Metodologi Penelitian

Membahas metode penelitian dan perencanaan alat.

BAB IV Perancangan Sistem

Membahas perancangan sistem pengendali suhu pada inkubator bayi prematur berbasis Arduino Mega. Setelah itu, bagaimana menerapkannya dalam sistem secara keseluruhan.

BAB V Pengujian Alat

Membahas hasil pengujian sistem dan analisa data secara keseluruhan terhadap alat yang telah direalisasikan.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Menjelaskan tentang pengambilan kesimpulan sesuai dengan hasil perancangan dan pengujian alat serta saran-saran yang diperlukan untuk melakukan pengembangan aplikasi selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai teori teori yang menunjang dalam perancangan pengendalian suhu pada inkubator bayi prematur berbasis mikrokontroler ATmega 2560.

2.1 Bayi Prematur

Bayi prematur adalah bayi yang lahir dengan usia kehamilan kurang dari 37 minggu. Bayi yang terlahir prematur akan rentan terhadap infeksi penyakit dari luar karena tidak memiliki ketahanan tubuh yang cukup. Untuk mengoptimalkan kesehatan tubuhnya diperlukan beberapa cara dengan memperhatikan suhu tubuhnya, memperhatikan asupan gizinya, memberikan ASI, memberikan imunisasi.

Menjaga suhu tubuh bayi prematur sangat penting, karena tubuh bayi prematur belum memiliki pengaturan suhu tubuh yang baik. Apabila hal tersebut dibiarkan maka bayi akan kehilangan seluruh panas tubuhnya sehingga mengalami hipotermia. Bayi prematur memerlukan suhu ruang $36,5^{\circ}\text{C} - 37,5^{\circ}\text{C}$ agar kesehatan tubuhnya tetap terjaga. Pada umumnya pemberian suhu tubuh yang hangat pada bayi prematur adalah dengan menggunakan metode KMC (*Kangaroo Mother Care*) yaitu sebuah metode perawatan bayi prematur dengan cara meletakkan bayi di pelukan ibunya untuk menyalurkan kehangatan pada si bayi (Soetrisno Eddy., 2001). Namun metode tersebut tidak dapat dilakukan ketika si ibu harus meninggalkan bayinya, maka diperlukan sebuah alat penghangat untuk si bayi yang dapat memberikan kehangatan sesuai dengan suhu yang diperlukan bayi prematur yang disebut inkubator.

2.2 Inkubator Bayi

Inkubator Bayi merupakan salah satu alat elektromedik yang berfungsi memberikan perlindungan pada bayi yang terlahir prematur dengan cara memberikan suhu yang stabil agar panas tubuh bayi tetap terjaga.

Umumnya inkubator bayi dirancang secara otomatis sehingga suhu dalam ruangan tetap stabil. Inkubator bayi memiliki tempat kontrol yang terbagi menjadi 2 bagian (bagian atas dan bagian bawah). Bagian atas umumnya sebagai tempat peletakan sensor suhu, *display* dan peralatan elektronik. Pada bagian bawah umumnya digunakan sebagai tempat aktuator pemanas (*heater*) dan kipas untuk sirkulasi dan perata suhu udara.

4.3 Arduino Mega 2560

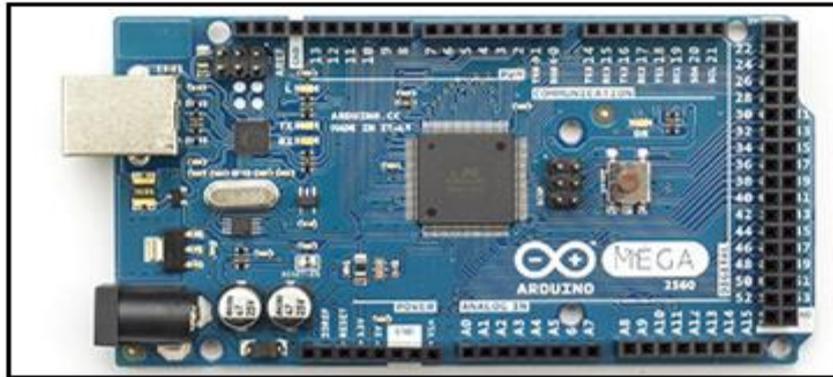
Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega 2560. Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin digital *input/output*, sedangkan 15 pin lainnya digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai *input* analog, dan 4 pin sebagai UART (*port serial hardware*), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, *power jack*, *ICSPheader*, dan tombol reset. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau power dihubungkan dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya. Arduino Mega 2560 kompatibel dengan sebagian besar *shield* yang dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila. Arduino Mega 2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega.

Pin POWER pada *board* Arduino Mega 2560 diantaranya adalah:

1. **VIN**. Tegangan masukan untuk *board* Arduino ketika menggunakan catu daya eksternal (berbeda dengan 5V yang berasal dari konektor USB atau sumber tegangan yang telah disesuaikan).
2. **5V**. Pin *output* ini mengeluarkan tegangan sebesar 5V yang telah disesuaikan menggunakan regulator yang berasal dari *board* Arduino. *Board* Arduino dapat dicatu dengan daya yang berasal dari *power jack* DC (7-12V), konektor USB (5V), atau pin VIN yang terdapat pada *board* (7-12V). Mencatu daya pada pin 5V dan 3,3V akan merusak regulator dan *board* Arduino.
3. **3,3V**. Merupakan catu daya sebesar 3,3V yang dihasilkan oleh regulator pada *board* Arduino.
4. **GND**. Merupakan pin *ground*.

5. **IOREF.** Pada board *Arduino*, pin ini menyediakan tegangan referensi yang dioperasikan oleh mikrokontroler. *Shield* yang telah dikonfigurasi dengan baik dapat membaca tegangan pin IOREF dan dapat memilih catu daya yang sesuai atau dapat mengaktifkan tegangan translasi pada *output* yang bekerja pada 5V atau 3,3V.

Gambar 2.1 menunjukkan bentuk fisik Arduino Mega 2560.



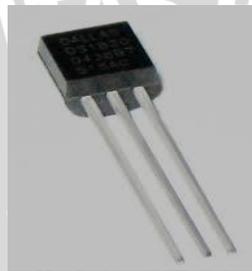
Gambar 2.1 Arduino Mega

4.4 Sensor Suhu DS18B20

DS18B20/WPRF adalah sensor temperatur digital yang dapat dihubungkan dengan mikrokontroler lewat antarmuka 1-*Wire*. Sensor ini dikemas secara khusus sehingga kedap air, cocok digunakan sebagai sensor di luar ruangan / pada lingkungan dengan tingkat kelembaban tinggi. Bentuk fisik sensor ini dapat dilihat pada Gambar 2.2. Sensor ini menggunakan IC DS18B20 dari Dallas *Semiconductor* (sekarang bagian dari Maxim Integrated sejak akuisisi tahun 2001), dengan fitur sbb:

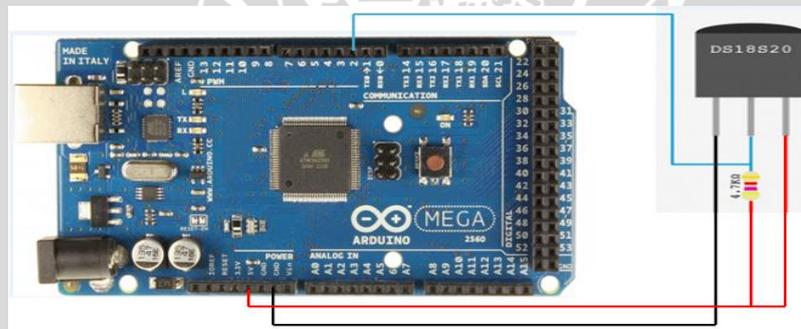
1. Antarmuka 1-*Wire* yang hanya membutuhkan 1 pin I/O untuk komunikasi (plus GND).
2. Memiliki nomor identifikasi unik (64 bit), memudahkan aplikasi pendeteksi suhu multi yang terdistribusi.
3. Tidak membutuhkan komponen eksternal tambahan selain 1 buah *pull-up resistor*.
4. Catu daya dapat dipasang dari jalur data dengan tegangan antara 3 hingga 5,5 Volt DC.
5. Tidak membutuhkan daya pada mode siaga

6. Dapat mengukur suhu antara -55°C hingga 125°C dengan akurasi $0,5^{\circ}\text{C}$ pada -10°C s.d. $+85^{\circ}\text{C}$
7. Resolusi termometer dapat diprogram dari 9 hingga 12 bit (resolusi $0,0625^{\circ}\text{C}$)
8. KLK gaya magnet yang akan mengalir arus eddy. Setiap logam biasanya memiliki hambatan listrik, dan arus yang mengalir dalam logam tersebut akan menghasilkan joule Kecepatan pendeteksian suhu pada resolusi maksimum kurang dari 750 ms
9. Memiliki memori *non-volatile* untuk penyetelan alarm



Gambar 2.2 Sensor Suhu DS18B20

Dalam Gambar 2.3 ditunjukkan skema sensor suhu DS28B20.



Gambar 2.3 Skema Sensor Suhu DS18B20

4.5 Motor Servo

Motor servo adalah motor dengan sistem *closed feedback* yang berarti posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada dalam motor servo. Motor ini terdiri atas sebuah motor, serangkaian *internal gear*, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut putaran servo. Sedangkan sudut sumbu motor servo diatur

berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Gambar fisik dari motor servo dapat dilihat dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Motor Servo

Motor servo mampu bekerja dua arah yaitu CW (*clockwise*) atau searah jarum jam dan CCW (*counter clockwise*) atau berlawanan arah jarum jam yang arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM (*pulse width modulation*) pada bagian pin kontrolnya. Secara umum terdapat dua jenis motor servo, yaitu:

- Motor Servo *Standard 180°*

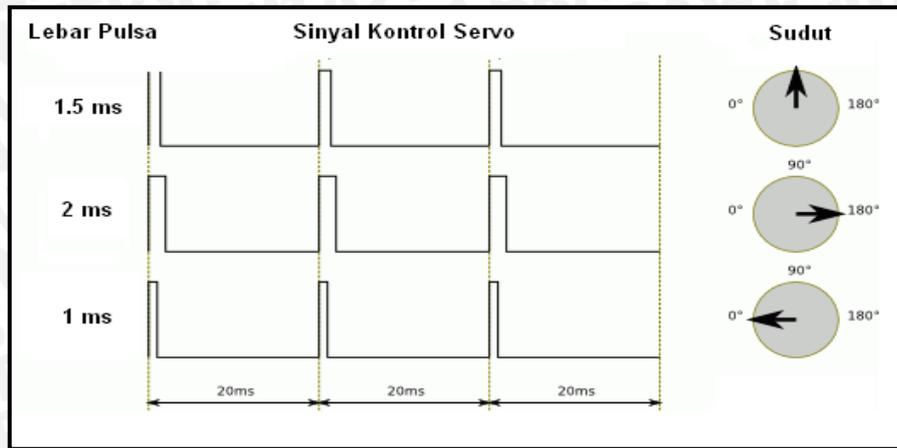
Motor servo jenis ini merupakan motor yang hanya mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dan mempunyai defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total defleksi sudut dari kanan – tengah – kiri adalah 180° .

- Motor Servo *Continuous*

Motor servo jenis ini mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dan tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara kontinu) sehingga motor ini berputar 360° .

4.6 PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM (*Pulse Width Modulation*) digunakan untuk mengatur sudut putaran motor servo. Teknik PWM (*pulse width modulation*) untuk mengatur sudut motor servo dapat dilihat dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pengaturan Sudut Motor Servo

Dalam Gambar 2.5 diasumsikan bahwa saat diberikan sinyal periodik dengan lebar 1 ms maka motor servo akan bergerak dengan sudut 0° , jika diberi sinyal 1.5 ms maka motor servo akan bergerak dengan sudut 90° , dan jika diberi sinyal 2 ms maka motor servo akan bergerak dengan sudut 180° . Perhitungan rumus motor servo akan ditunjukkan persamaan sebagai berikut:

$$S = D \left(\frac{1000}{180} \right) + 1000 \mu s \text{ atau}$$

$$S = (5.555)D + 1000 \mu s \quad (2-1)$$

Dimana:

S = Lebar Pulsa dalam μs

D = Sudut putar servo dalam derajat

4.7 Dimmer

Dimmer merupakan alat kontrol yang dapat memberikan tingkat cahaya lampu dan daya lampu yang variasi. Maksudnya, nyala lampu bisa diatur dari yang paling gelap (mati), remang-remang sampai yang paling terang. *Dimmer* selalu menggabungkan peredupan elektronik dengan sebuah saklar sama pentingnya keduanya disebut saklar-*dimmer*.

Ada dua jenis dimmer yaitu *dimmer* geser dan *dimmer* rotasi. Pada jenis dimmer geser, pengaturannya berupa saklar sentuh dengan saklar dimmer yang terpisah. Sedangkan *dimmer* geser, pengaturannya berupa tombol untuk menyalakan dan tombol memadamkan dengan cara memutar saklar pada *dimmer*. Berikut *dimmer* rotasi dengan range 0-220V. Bentuk fisik dari *dimmer* elektrik tipe rotasi dapat dilihat dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Dimmer rotasi

4.8 Kontroler

Sistem pengendalian dirancang untuk melakukan dan menyelesaikan tugas tertentu. Syarat utama sistem pengendalian adalah harus stabil. Di samping kestabilan mutlak, maka sistem harus memiliki kestabilan secara relatif, yakni tolak ukur kualitas kestabilan sistem dengan menganalisis sampai sejauh mana batas-batas kestabilan sistem tersebut jika dikenai gangguan (Ogata K.,1997). Selain itu analisis juga dilakukan untuk mengetahui bagaimana kecepatan sistem dalam merespons *input*, dan bagaimana peredaman terhadap adanya lonjakan (*overshoot*). Suatu sistem dikatakan stabil apabila diberi gangguan maka sistem tersebut akan kembali ke keadaan *steady state* dimana *output* berada dalam keadaan tetap seperti tidak ada gangguan. Sistem dikatakan tidak stabil jika *output* berosilasi terus menerus ketika dikenai suatu gangguan. Karena suatu sistem pengendalian biasanya melibatkan penyimpanan energi maka *output* sistem ketika diberi suatu *input*, tidak dapat mengikuti *input* secara serentak, tapi menunjukkan respons transien berupa suatu osilasi teredam sebelum mencapai *steady state*.

Dalam sistem pengendalian terdapat 2 macam *loop*:

1. Pengendalian dengan *Loop* Terbuka

Sistem kontrol *loop* terbuka adalah sistem kontrol yang keluarannya tidak berpengaruh pada aksi pengontrolan. Jadi pada sistem kontrol *loop* terbuka, keluaran tidak diukur atau diumpun balik untuk dibandingkan dengan masukan.

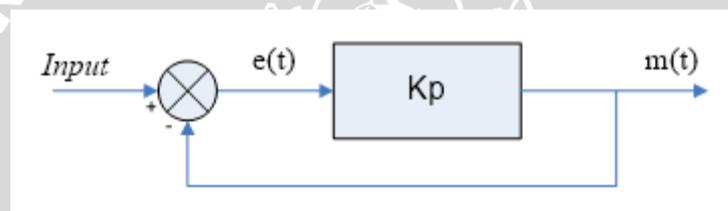
2. Pengendalian dengan *Loop* Tertutup

Sistem kontrol *loop* tertutup adalah sistem kontrol yang keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Sistem ini disebut juga sistem kontrol yang menggunakan umpan balik untuk memperkecil kesalahan sistem.

4.8.1 Kontroler Proporsional

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding/proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan/*error*. Dapat dikatakan bahwa keluaran kontroler proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukannya. Perubahan sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada blok diagram pada Gambar 2.7.



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

Pada gambar diatas menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara *input* (besaran yang diinginkan), besaran aktual dengan besaran keluaran kontroler proporsional, dan besaran kesalahan (*error*). Sinyal kesalahan (*error*) merupakan selisih antara besaran *setting* dengan besaran aktualnya.

Pada pengendali proporsional hubungan antara keluaran kontroler $m(t)$ dan sinyal kesalahan $e(t)$ adalah sebagai berikut:

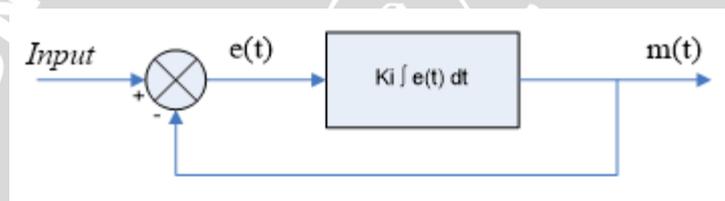
$$m(t) = K_p e(t) \quad (2-2)$$

Dengan K_p adalah penguatan proporsional, keluaran $m(t)$ hanya bergantung pada K_p dan *error*, semakin besar *error* maka semakin besar koreksi yang dilakukan. Penambahan K_p akan menaikkan penguatan sistem sehingga dapat digunakan untuk memperbesar kecepatan respon dan mengurangi kesalahan keadaan mantap.

4.8.2 Kontroler Integral

Kontroler integral berfungsi mengurangi kesalahan keadaan mantap yang dihasilkan pada kontroler proporsional sebelumnya. Jika sebuah plant tidak memiliki unsur integrator ($1/s$), kontroler proporsional tidak mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan mantapnya nol.

Kontroler integral memiliki karakteristik seperti halnya sebuah integral. Keluaran kontroler sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Keluaran kontroler ini merupakan jumlah yang terus menerus dari perubahan masukannya. Kalau sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan. Gambar 2.8 menunjukkan blok diagram kontroler integral.



Gambar 2.8 Diagram Blok Kontroler Integral (Ogata K., 1995:158)

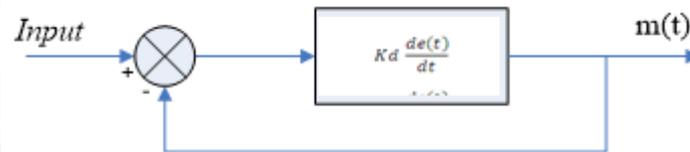
Nilai keluaran kontroler $m(t)$ sebanding dengan integral sinyal kesalahan $e(t)$, sehingga didapatkan persamaan :

$$\begin{aligned} \frac{dm(t)}{dt} &= K_i \cdot e(t) \\ m(t) &= K_i \int_0^t e(t) dt \end{aligned} \quad (2-3)$$

Dengan K_i adalah konstanta integral. Jika sinyal kesalahan $e(t)=0$, maka laju perubahan sinyal kendali integral $\frac{dm(t)}{dt} = 0$ atau sinyal keluaran kendali akan tetap berada pada nilai yang dicapai sebelumnya. Aksi kontrol integral digunakan untuk menghilangkan kesalahan posisi dalam keadaan mantap (*error steady state*) tanpa memperhitungkan kecepatan respon.

4.8.3 Kontroler Derivatif

Kontrol derivatif memiliki sifat seperti halnya suatu operasi derivatif/diferensial. Perubahan yang mendadak pada masukan kontroler, akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Gambar 2.9 berikut menunjukkan blok diagram kontroler derivatif.



Gambar 2.9 Blok diagram kontroler derivatif (Ogata K., 1995:177)

Nilai keluaran kontroler $m(t)$ sebanding laju sinyal kesalahan $\frac{de(t)}{dt}$. Hubungan ini dapat di tulis sebagai:

$$m(t) = Kd \frac{de(t)}{dt} \quad (2-4)$$

Kontroler derivatif akan memberikan sinyal kendali keluaran $m(t)=0$, untuk sinyal kesalahan $e(t)$ yang konstan sehingga kontroler derivatif tidak mempengaruhi keadaan mantap. Kontroler derivatif digunakan untuk memperbaiki atau mempercepat respon transien sebuah sistem serta dapat meredam osilasi.

Berdasarkan karakteristik kontroler tersebut, kontroler derivatif umumnya dipakai untuk mempercepat respon awal suatu sistem, tetapi tidak memperkecil kesalahan pada keadaan tunaknya. Kerja kontroler derivatif hanyalah efek dari lingkup yang sempit, yaitu pada periode peralihan. Oleh sebab itu kontroler derivatif tidak bisa digunakan sendirian/tanpa kontroler lainnya.

4.8.4 Kontroler Proporsional Integral Derivatif (PID)

Gabungan kontroler proporsional, integral, derivatif mempunyai keunggulan dibandingkan dengan masing - masing dari tiga kontroler tersebut. Masing – masing kontrol P, I, dan D berfungsi mempercepat reaksi sistem,

menghilangkan *offset*, dan mendapatkan energi ekstra ketika terjadi perubahan *load*.

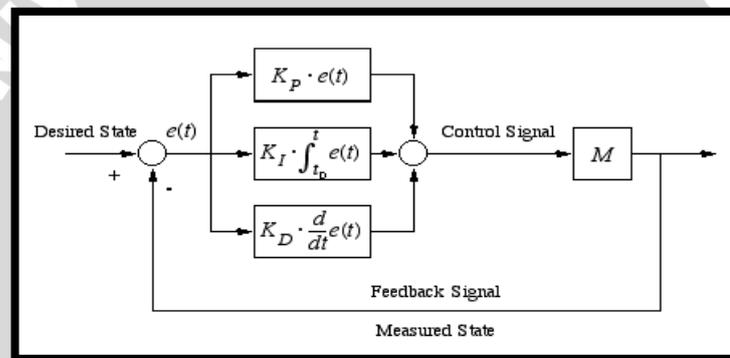
Persamaan kontroler PID ini dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2-5)$$

Dalam transformasi Laplace dinyatakan dalam persamaan :

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (2-6)$$

T_i adalah waktu integral dan T_d adalah waktu derivatif. Gambar 2.10 menunjukkan diagram blok kontroler PID.

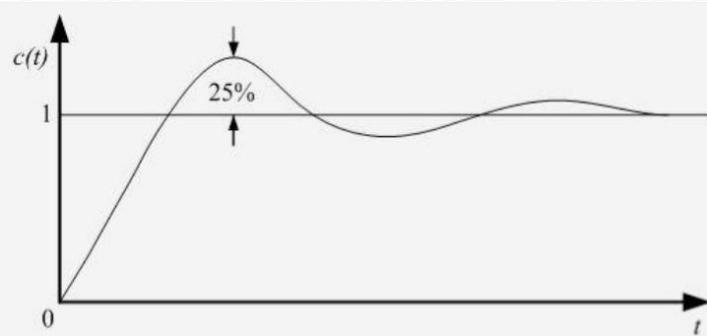


Gambar 2.10 Diagram Blok Kontroler PID (Ogata K., 1997)

4.8.5 Metode Kontrol Proporsional Integral Derivatif (PID)

Metode yang digunakan dalam perancangan ini menggunakan metode *Ziegler-Nichols*. 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 kontrol PID atau penalaan kontrol PID tersebut dapat dilakukan dengan bereksperimen dengan plan (Ogata, K., 1997).

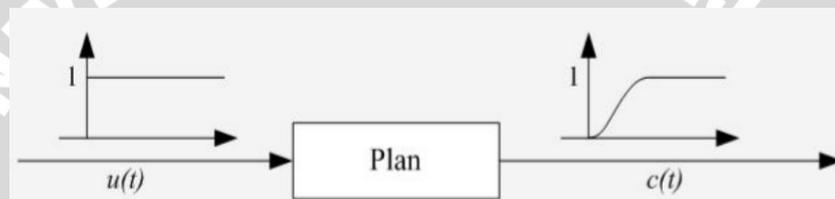
Terdapat dua metode yang disebut dengan aturan penalaan ZieglerNichols, pada kedua metode tersebut memiliki tujuan yang sama yaitu untuk mencapai 25% maximum *overshoot* pada respon *unit step*, ditunjukkan dalam Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Kurva Respon *Unit Step* yang Menunjukkan *25% Maximum Overshoot* (Ogata K., 1997)

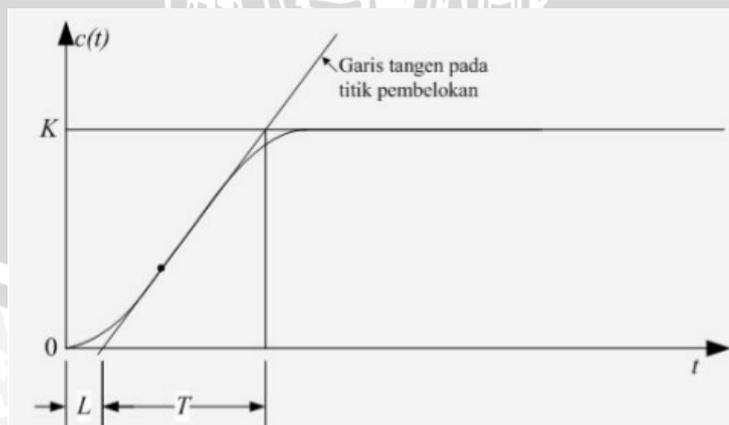
1. Metode Pertama

Metode pertama atau sering disebut metode kurva reaksi, respon dari plan dapat dapat diperoleh secara eksperimental dengan masukan berupa *unit step*, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.12 Respon Plan Terhadap Masukan Berupa *Unit Step* (Ogata K., 1997)

Jika dalam *plan* tersebut terdapat *integrator* atau *dominan complex conjugate poles*, maka kurva respon *unit step* berbentuk seperti huruf S, seperti ditunjukkan dengan Gambar 2.13. jika respon tidak memberikan bentuk kurva S, maka metode ini tidak berlaku.(Ogata K., 1997).



Gambar 2.13 Kurva Respon yang Berbentuk S (Ogata K., 1997)

Kurva berbentuk S tersebut dapat dikarakteristikan menjadi dua konstanta yaitu waktu tunda L dan konstanta waktu T. Waktu tunda dan

konstanta waktu ditentukan dengan menggambar sebuah garis *tangent* pada titik pembelokan dari kurva S, dan menentukan perpotongan antara garis *tangent* dengan sumbu waktu t dan sumbu $c(t) = K$, seperti yang telah ditunjukkan dalam Gambar 2.13.

Fungsi alih $C(s)/U(s)$ dapat dilakukan pendekatan dengan sistem orde satu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts+1} \quad (2-7)$$

Ziegler dan Nichols Nichols menyarankan untuk menentukan nilai-nilai dari K_p , T_i dan T_d berdasarkan pada formula yang ditunjukkan dalam Tabel 2.1 (Ogata K., 1997)

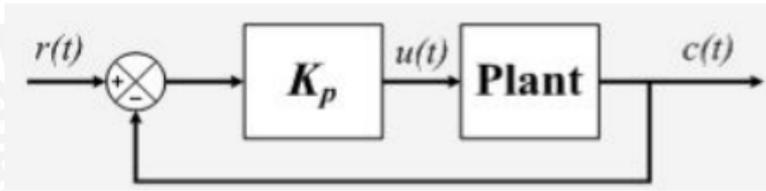
Tabel 2.1 Aturan Penalaan *Ziegler-Nichols* Berdasarkan Respon *Unit Step* dari Plan (Ogata K., 1997)

Tipe Kontrol	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0,9\frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2\frac{T}{L}$	$2L$	$0,5 L$

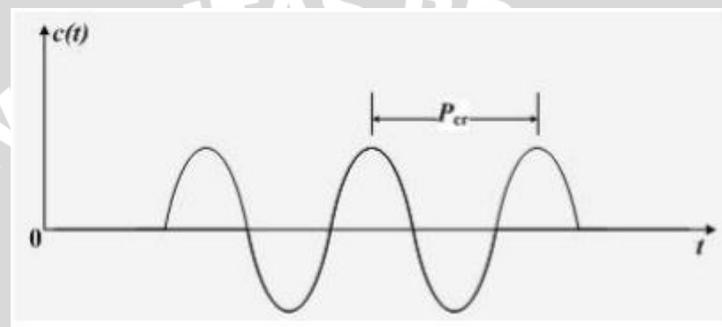
2. Metode Kedua

Dalam metode kedua *Ziegler-Nichols*, mula-mula yang dilakukan adalah membuat $T_i = \infty$ dan $T_d = 0$. Kemudian hanya dengan menggunakan tindakan kontrol proporsional, harga ditingkatkan dari nol ke suatu nilai kritis K_{cr} , disini mula-mula keluaran memiliki osilasi yang berkesinambungan (Jika keluaran tidak memiliki osilasi berkesinambungan untuk nilai K_p manapun yang telah diambil, maka metode ini tidak berlaku). Dari keluaran yang berosilasi secara berkesinambungan, penguatan kritis K_{cr} dan periode P_{cr} dapat ditentukan.

Diagram blok sistem loop tertutup dengan kontrol proporsional ditunjukkan dalam Gambar 2.14 dan untuk osilasi berkesinambungan dengan periode P_{cr} ditunjukkan dalam Gambar 2.15.



Gambar 2.14 Sistem Loop Tertutup dengan Kontrol Proporsional (Ogata K., 1997)



Gambar 2.15 Osilasi Berkesinambungan dengan Periode P_{cr} (Ogata K., 1997)

Ziegler dan Nichols menyarankan penyetelan nilai parameter K_p , T_i , dan T_d berdasarkan rumus yang telah diperlihatkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Aturan Dasar Ziegler-Nichols Berdasarkan *Critical Gain* (K_{cr}) dan *Critical Period* (P_{cr}) (Ogata K., 1997)

Tipe Kontrol	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_{cr}$	∞	0
PI	$0.45 K_{cr}$	$\frac{1}{1.2} P_{cr}$	0
PID	$0.60 K_{cr}$	$0.5 P_{cr}$	$0.125 P_{cr}$

BAB III

METODE PENELITIAN

Untuk menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat di bab pendahuluan maka diperlukan langkah-langkah untuk menyelesaikan masalah tersebut. Metode yang digunakan dapat diuraikan sebagai berikut:

3.1 Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk mempelajari teori dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti. Sumber literatur diperoleh dari buku, jurnal, serta studi terhadap penelitian terdahulu yang terkait dengan topik utama dalam penelitian.

3.2 Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat secara umum ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi alat yang direncanakan adalah sebagai berikut :

- Desain prototipe inkubator bayi prematur berukuran 60 cm x 45 cm x 60 cm.
- Menggunakan satu buah motor DC servo sebagai pemutar *dimmer*.
- Menggunakan 4 buah lampu pijar masing-masing 60 watt sebagai pemanas.
- Menggunakan *driver* kipas DC yang digunakan adalah *optocoupler* p521.
- Menggunakan 2 buah kipas DC sebagai alat bantu sirkulasi dan perata suhu ruang.
- Menggunakan 1 sensor suhu DS18B20.
- Mikrokontroler yang digunakan Arduino Mega 2560.
- Kontroler yang digunakan adalah kontroler PID.

3.3 Perancangan Sistem

Setelah semua komponen pada alat sudah terhubung sesuai dengan diagram blok sistem yang telah dirancang dan program *software* sudah dibuat, maka diadakan pengujian dan analisa alat sebagai berikut :

1. Pengujian setiap blok rangkaian.
2. Kalibrasi pada sensor yang digunakan.
3. Penggabungan semua blok rangkaian menjadi sebuah sistem.
4. Pengujian alat secara keseluruhan.
5. Evaluasi dan analisa pengujian sistem yang didapat.

3.4 Pengambilan Kesimpulan

Kesimpulan diambil berdasarkan data yang didapat 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 untuk disempurnakan.



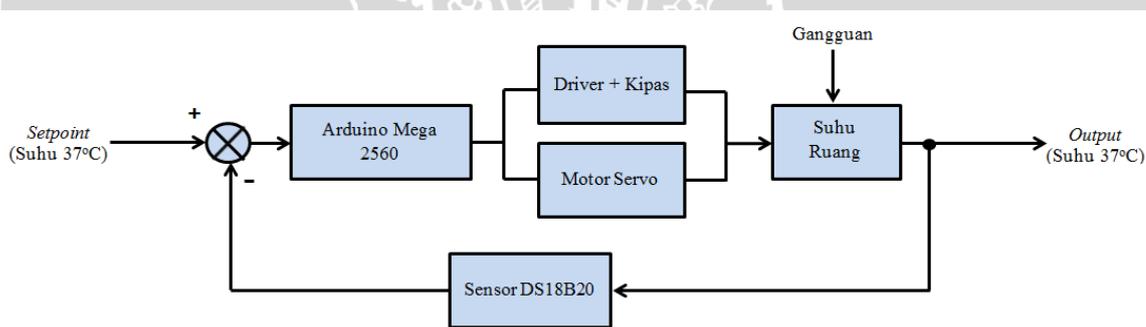
BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

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

4.1 Diagram Blok Sistem

Pada perancangan alat diperlukan perancangan blok diagram sistem yang dapat menjelaskan sistem secara garis besar dan diharapkan alat dapat bekerja sesuai dengan rencana. Blok diagram tersebut dapat dilihat dari Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem Pengendalian Suhu (Perancangan)

Keterangan dari blok diagram di atas adalah sebagai berikut :

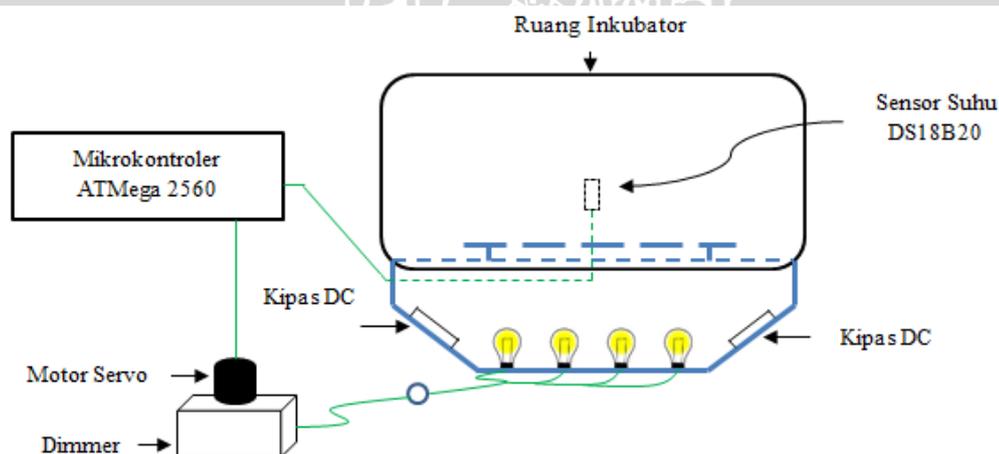
1. *Setpoint* sistem adalah suhu sebesar 37°C.
2. Pusat pengendalian sistem adalah mikrokontroler ATmega 2560 yang memberikan sinyal (PWM) *Pulse Width Modulation* pada motor DC servo.
3. Sinyal dari motor servo tadi kemudian menggerakkan *dimmer* sehingga dapat mengatur panas yang dihasilkan oleh lampu.
4. Sensor DS18B20 digunakan sebagai *feedback* sistem.

4.2 Spesifikasi Alat

Spesifikasi sistem pengendalian suhu ruang inkubator bayi prematur menggunakan kontrol PID berbasis ATmega 2560 :

1. Desain inkubator bayi prematur berukuran 60 cm x 45 cm x 60 cm. Terdiri dari ruang inkubator dan ruang pemanas.
2. Ruang inkubator menggunakan bahan *acrylic* berukuran 60 cm x 45 cm x 40 cm.
3. Ruang pemanas menggunakan bahan kayu berukuran 60 cm x 45 cm x 20 cm.
4. Pengaturan panas lampu ditentukan dengan putaran *dimmer* yang diatur besar sudutnya oleh motor DC servo.
5. Pengaturan sirkulasi udara menggunakan kipas DC, dengan kecepatan putaran kipas DC ditentukan menggunakan *driver*.
6. Sensor yang digunakan adalah sensor suhu DS18B20.
7. Digunakan 4 buah lampu bohlam yang masing – masing sebesar 60 watt sebagai pemanas ruangan inkubator.
8. Pengendalian sistem adalah mikrokontroler ATmega 2560.

Skema perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 4.2 :



Gambar 4.2 Desain Perancangan Alat

4.3 Prinsip Kerja Sistem

Cara kerja sistem adalah sebagai berikut :

1. Catu daya yang digunakan terdiri atas :

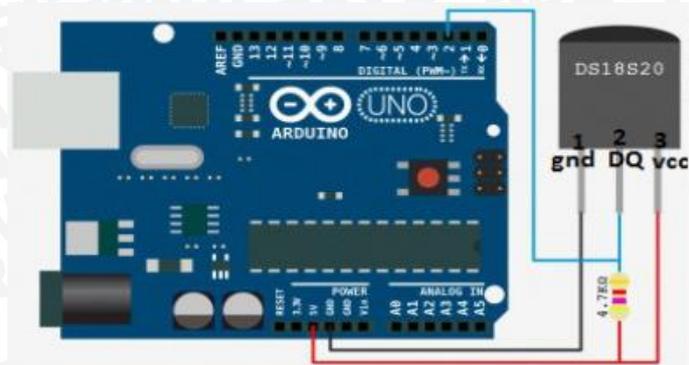
- a. Catu daya 5V DC digunakan sebagai catu daya sensor DS18B20 dan motor DC servo.
 - b. Catu daya $\pm 12V$ DC digunakan sebagai catu daya untuk kipas DC.
 - c. Catu daya 220V AC digunakan sebagai catu daya untuk 4 lampu bohlam yang masing – masing 60 watt.
2. Sensor DS18B20 adalah sensor suhu yang memiliki keluaran digital sehingga dapat langsung dihubungkan ke mikrokontroler ATmega 2560 dengan menambahkan resistor 4,7 k Ω dengan rentang suhu pengukuran -125°C hingga 125°C.
 3. Mikrokontroler ATmega 2560 menerima sinyal digital melalui komputer yang diolah menggunakan *software* Arduino 1.0.6 sehingga dapat menghasilkan sinyal digital berupa PWM.
 4. Sinyal digital dari mikrokontroler ATmega 2560 digunakan untuk mengaktifkan sensor DS18B20 dan kipas DC.
 5. PWM keluaran dari mikrokontroler ATmega 2560 digunakan sebagai sinyal kontrol untuk motor DC servo.

4.4 Perancangan Perangkat Keras

Berdasarkan diagram blok perancangan alat yang telah disusun, perancangan perangkat keras meliputi sensor DS18B20, rangkaian motor DC servo, rangkaian kipas DC, modul Arduino Mega 2560, dan penentuan parameter penguatan kontroler. Di bawah ini merupakan penjelasan masing – masing perancangan perangkat keras dalam penelitian ini.

4.4.1 Perancangan Sensor DS18B20

Berdasarkan teori yang didapat dari *datasheet* DS18B20 termasuk ke dalam sensor temperatur digital yang mana dapat dicatu dengan tegangan 3 – 5 V dan harus diberi resistor sebesar 4,7 k Ω yang diparalel pada pin data I/O dan pin Vcc. Dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut :



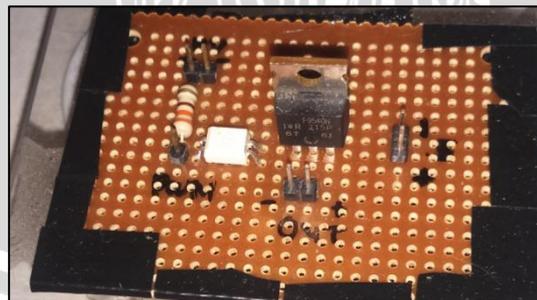
Gambar 4.3 Perancangan Sensor DS18B20

4.4.2 Perancangan Motor DC Servo

Pada dasarnya motor DC servo mendapat sinyal PWM dengan tegangan maksimal 6V. Arduino Mega 2560 merupakan mikrokontroler yang memberikan sinyal PWM dengan tegangan 5 V sehingga motor servo tersebut dapat dioperasikan secara langsung.

4.4.3 Perancangan Kipas DC

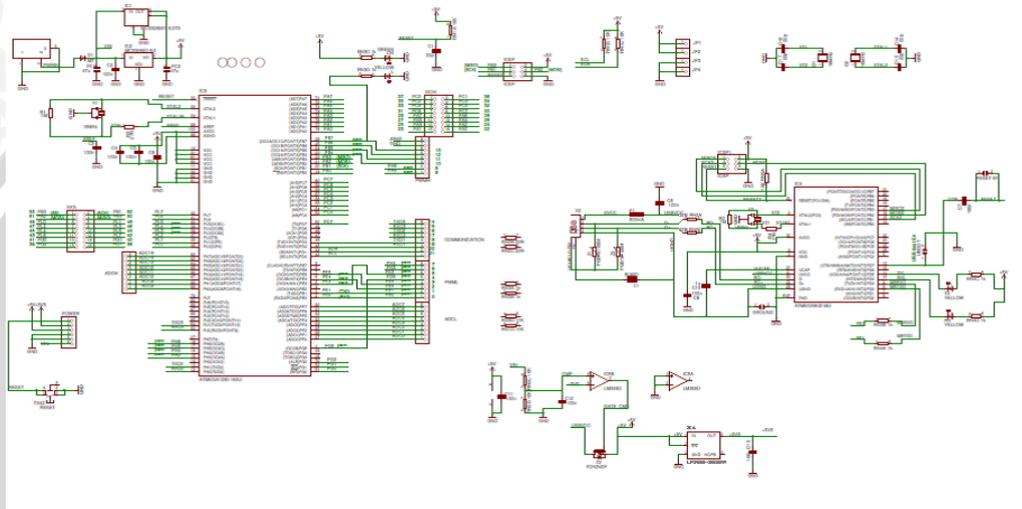
Perancangan kipas dalam skripsi ini menggunakan kipas DC 12V. Karena Arduino Mega 2560 hanya memiliki catu dengan tegangan 5 V maka digunakan *power supply* lain. Dalam skripsi ini digunakan *power supply* 220 V to 9 V sebagai tegangan masukan pada *driver* kipas. *Driver* kipas yang digunakan pada skripsi terdiri dari *Optocoupler* P521 dan MOSFET IRF9540N.



Gambar 4.4 Driver Kipas DC

4.4.4 Modul Arduino Mega 2560

Pada skripsi ini digunakan Arduino Mega 2560 sebagai pengolah data dalam proses pengaturan motor DC servo untuk menggerakkan *dimmer* sehingga lampu dapat memberikan panas yang sesuai pada ruang inkubator. Konfigurasi kaki I/O dari Arduino Mega 2560 ditunjukkan dalam Gambar 4.5



Gambar 4.5 Desain Sistem Arduino Mega 2560

4.4.5 Perancangan Kontroler

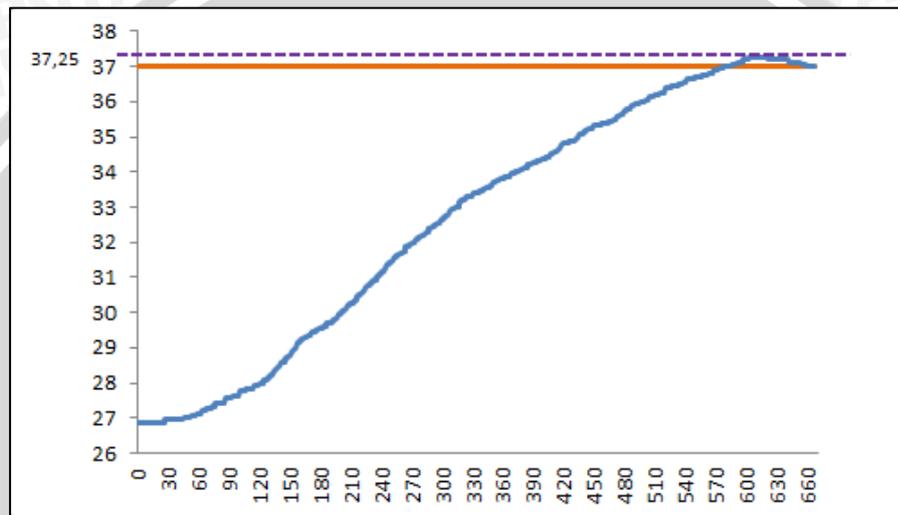
Untuk memenuhi tujuan performansi *loop* yang diinginkan, maka perlu ditambahkan kontroler pada sistem tersebut. Kontroler yang dipilih ialah Proporsional Integral Derivatif (PID). Kontroler proporsional integral derivatif dipilih karena karakteristik *plant* tersebut membutuhkan kontrol yang cepat dan meminimalkan *overshoot* untuk dapat menghasilkan suhu ruang inkubator yang kondusif.

Dalam skripsi ini diketahui karakteristik *plant* tanpa menggunakan kontroler yaitu dengan memanaskan suhu ruang inkubator secara maksimal dengan memutar *dimmer* secara maksimal (sebesar 180°) sesuai dengan sudut putar maksimal motor DC servo, kemudian mematikannya (mengembalikan ke sudut 0° / *off*) ketika suhu ruang inkubator mencapai *setpoint* yaitu 37°C.

Berdasarkan grafik karakteristik dalam Gambar 4.6, ketika *dimmer* dimatikan pada suhu 37°C, suhu ruang inkubator tetap mengalami kenaikan

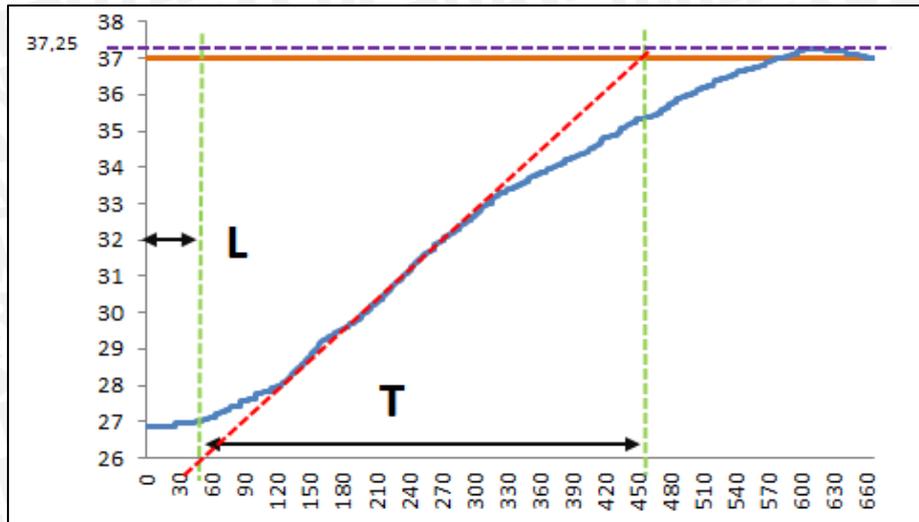
sampai $37,25^{\circ}\text{C}$. Sehingga dapat diketahui bahwa beda suhu (*lagging temperature*) mencapai $0,25^{\circ}\text{C}$.

Waktu yang diperlukan alat tersebut untuk mencapai suhu 37°C adalah 582 detik atau 9,7 menit. Grafik *plant* dalam Gambar 4.6 menunjukkan bahwa bentuk kurva karakteristik *plant* menyerupai huruf S (*S-shaped curve*) sehingga dapat digunakan *tuning* Kp, Ki, dan Kd menggunakan metode 1 *Ziegler-Nichols*.



Gambar 4.6 Grafik Respon Karakteristik Suhu Ruang Inkubator Bayi Prematur

Setelah mendapatkan bentuk kurva S secara eksperimental kemudian dilakukan langkah untuk menentukan nilai L dan T seperti yang pada Gambar 4.7 berikut:



Gambar 4.7 Metode 1 Ziegler-Nichols (Perancangan)

Langkah menentukan *tuning* parameter dengan metode 1 Ziegler-Nichols adalah sebagai berikut:

1. Menarik garis *tangent* pada titik infleksi yang menyerupai garis lurus pada grafik karakteristik *plant* seperti pada Gambar 4.7.
2. Menentukan perpotongan garis *tangent* terhadap sumbu waktu *t* untuk mendapatkan nilai *L*.
3. Menentukan perpotongan garis *tangent* terhadap sumbu *lagging temperature* untuk mendapatkan nilai *T*.
4. Setelah mendapatkan nilai *L* dan *T* kemudian menentukan nilai *K_p*, *T_i* dan *T_d* sesuai ketentuan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Aturan Metode 1 Ziegler-Nichols (Ogata K., 1997)

Tipe Kontrol	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0,9\frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2\frac{T}{L}$	$2L$	$0,5 L$

Berdasarkan Gambar 4.7 diperoleh nilai $L = 45$ dan nilai $T = 452$ sehingga dapat diketahui :

$$K_p = 1,2 \frac{T}{L} = 1,2 \frac{452}{45} = 12,053$$

$$T_i = 2L = 2 \times 45 = 90$$

$$T_d = 0,5L = 0,5 \times 45 = 22,5$$

Setelah mendapatkan nilai T_i dan T_d maka selanjutnya mencari nilai K_i dan K_d dengan cara :

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{12,05}{90} = 0,134$$

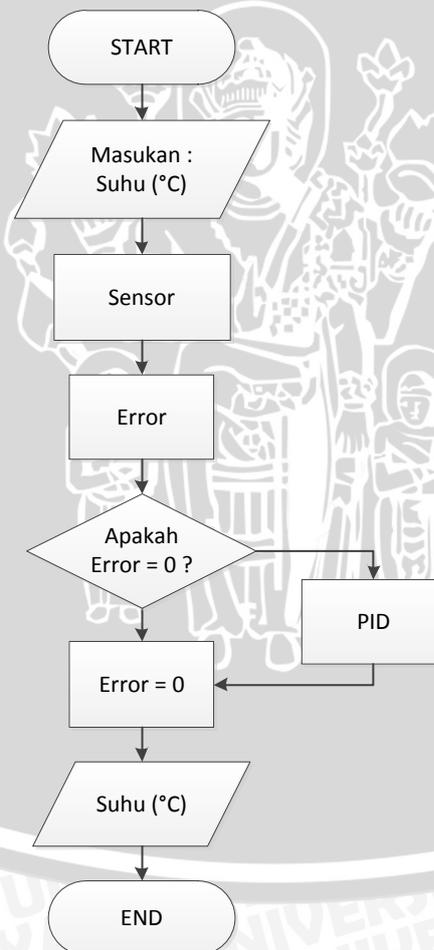
$$K_d = K_p T_d = 12,05 \times 22,5 = 271,2$$

Sehingga telah didapatkan K_p , K_i dan K_d melalui metode 1 Ziegler-Nichols sebesar $K_p = 12,053$, $K_i = 0,134$, dan $K_d = 271,2$.

4.5 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak berkaitan dengan *flowchart ladder diagram*.

Gambar 4.8 adalah *flowchart* keseluruhan sistem.



Gambar 4.8 *Flowchart* Keseluruhan Sistem (Perancangan)

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Tujuan pengujian sistem ini adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk menemukan letak kesalahan dan mempermudah analisis pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan.

5.1 Pengujian Sensor DS18B20

1. Tujuan

Mengetahui kemampuan pembacaan sensor DS18B20 terhadap perubahan suhu dengan melihat hasil pembacaan sensor yang ditampilkan.

2. Peralatan yang Digunakan

- Sensor DS18B20
- Laptop
- Arduino Mega2560
- Inkubator hasil desain sendiri
- 4 Lampu masing-masing 60 watt
- Termometer Digital Krisbow KW06-308

3. Langkah Pengujian

- a. Menyusun 4 lampu secara paralel pada bagian pemanas inkubator.
- b. Menghubungkan sensor dan resistor $4,7k\Omega$ dengan Arduino Mega 2560.
- c. Menghubungkan steker yang terhubung dengan lampu pada tegangan PLN 220 V.
- d. Memanaskan suhu ruang inkubator dengan menyalakan lampu.
- e. Mengaktifkan *serial monitor* pada *software* Arduino 1.0.6
- f. Mengamati dan mencatat setiap perubahan suhu berdasarkan suhu termometer sebagai acuan.

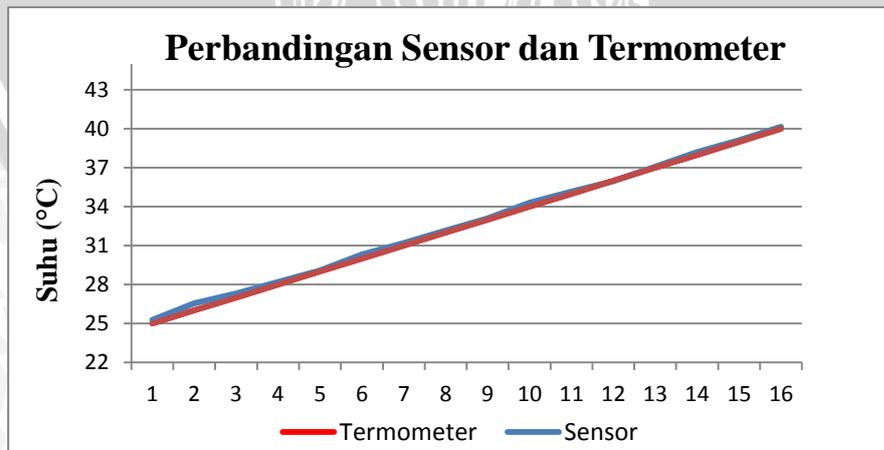
4. Hasil pengujian dan Analisis

Hasil pengujian sensor DS18B20 ditunjukkan dalam Tabel 5.1

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sensor DS18B20

No	Termometer (°C)	Pengujian					Rata rata (°C)	Error (°C)
		1	2	3	4	5		
1	25	25,26	25,33	25,28	25,21	25,27	25,27	0,27
2	26	26,74	26,55	26,64	26,44	26,36	26,546	0,546
3	27	27,33	27,41	27,27	27,44	27,18	27,326	0,326
4	28	28,23	28,21	28,19	28,15	28,26	28,208	0,208
5	29	29,04	29,12	29,08	29,07	29,12	29,086	0,086
6	30	30,33	30,36	30,3	30,28	30,26	30,306	0,306
7	31	31,14	31,16	31,18	31,33	31,21	31,204	0,204
8	32	32,12	32,19	32,13	32,21	32,11	32,152	0,152
9	33	33,06	33,13	33,09	33,15	33,03	33,092	0,092
10	34	34,28	34,34	34,25	34,4	34,23	34,3	0,3
11	35	35,01	35,21	35,16	35,14	35,24	35,152	0,152
12	36	35,68	36,03	35,96	36,07	36,11	35,97	0,03
13	37	37,12	37,06	37,21	37,05	36,98	37,084	0,084
14	38	38,24	38,27	38,18	38,32	38,04	38,21	0,21
15	39	39,12	39,09	39,11	39,21	39,02	39,11	0,11
16	40	39,89	40,05	40,12	40,41	40,32	40,158	0,158
Rata rata error (°C)								0,202125

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5.1, rata – rata *error* antara suhu pembacaan termometer digital dengan suhu pembacaan *serial monitor* sangat kecil yaitu 0,202 °C. Grafik perbandingan suhu hasil pembacaan termometer acuan dengan *serial monitor* dapat dilihat dalam Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik Hubungan Termometer dengan Sensor DS18B20

5.2 Pengujian Motor DC Servo

1. Tujuan

Mengetahui bagaimana bentuk sinyal saat sudut motor DC servo berada di posisi yang telah ditentukan serta melihat tegangan keluaran untuk setiap perubahan sudut motor DC servo.

2. Peralatan yang Digunakan

- Motor DC Servo Micro GWS 2BBMG
- Arduino Mega 2560
- Komputer
- Konektor PC Scope
- *Hardware* dan *software* PC Lab 2000SE
- Laptop
- Program dan *software* Arduino 1.0.6
- *Digital Oscilloscope* Vellemen PCSU1000

4. Langkah Pengujian

- a. Menghubungkan keluaran pin analog Arduino Mega2560 dengan *probe* yang terhubung pada *Oscilloscope* Vellemen PCSU1000.
- b. Menghubungkan Arduino Mega 2560 dengan laptop.
- c. Mengunduh program pengatur sudut putaran servo dengan sudut 0, 30, 45, 60 dan seterusnya sampai dengan 180 derajat pada *software* Arduino 1.0.6.
- d. Menjalankan *software* PC Lab 2000SE
- e. Mengamati dan mencatat *duty cycle* PWM pada tampilan *waveform* parameter *software* PC Lab 2000SE.

5. Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan hasil sinyal dan tampilan parameter. Parameter yang dihasilkan adalah amplitudo, *duty cycle*, dan lebar sinyal. Proses pengujian motor DC servo dapat dilihat pada gambar berikut.

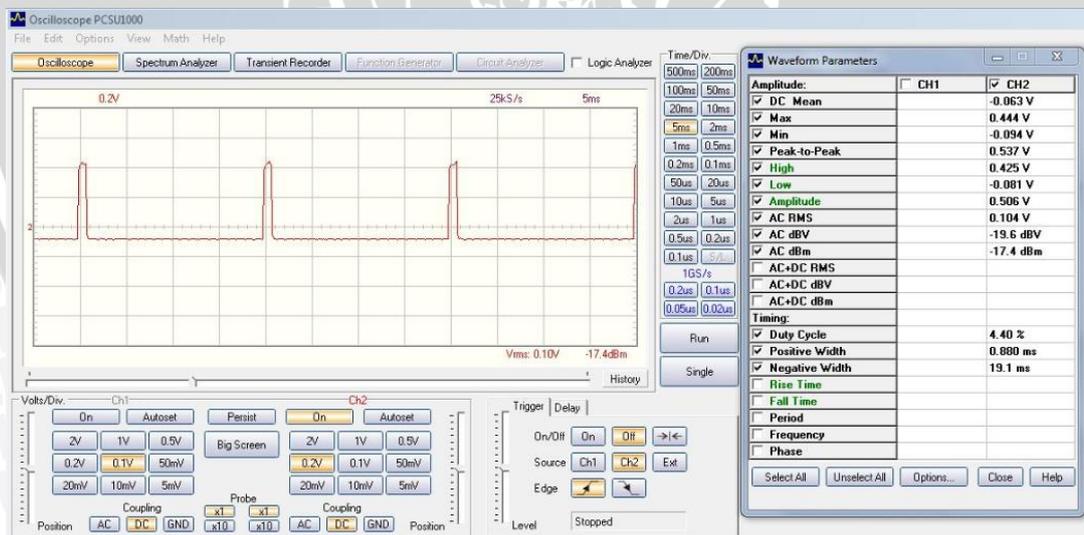
Sinyal motor DC servo pada sudut 0° ditunjukkan dalam Gambar 5.2:



Gambar 5.2 Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 0°

Pada Gambar 5.2 dapat diketahui bahwa saat dilakukan pengujian motor servo pada sudut 0° , *duty cycle* yang dihasilkan sebesar 2,80 %.

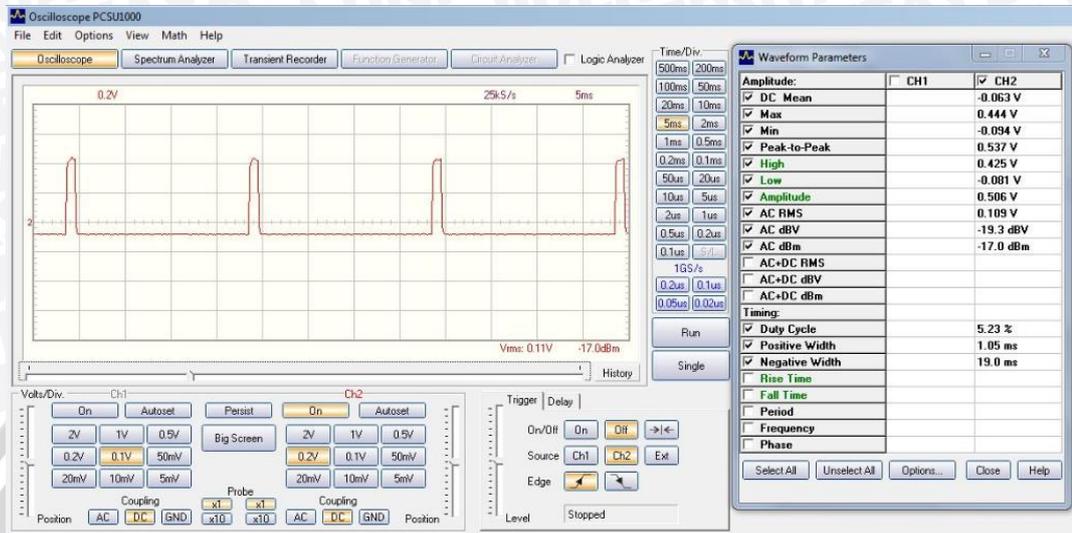
Sinyal motor DC servo pada sudut 30° ditunjukkan dalam Gambar 5.3:



Gambar 5.3 Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 30°

Pada Gambar 5.3 dapat diketahui bahwa saat dilakukan pengujian motor servo pada sudut 30° , *duty cycle* yang dihasilkan sebesar 4,40 %.

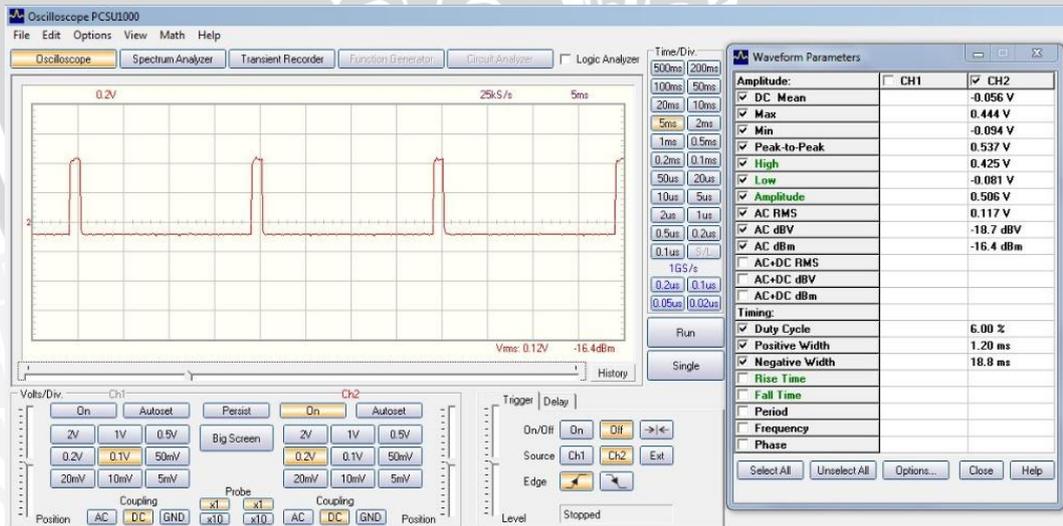
Sinyal motor DC servo pada sudut 45° ditunjukkan dalam Gambar 5.4:



Gambar 5.4 Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 45°

Pada Gambar 5.4 dapat diketahui bahwa saat dilakukan pengujian motor servo pada sudut 45° , *duty cycle* yang dihasilkan sebesar 5,23 %.

Sinyal motor DC servo pada sudut 60° ditunjukkan dalam Gambar 5.5:



Gambar 5.5 Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 60°

Pada Gambar 5.5 dapat diketahui bahwa saat dilakukan pengujian motor servo pada sudut 60° , *duty cycle* yang dihasilkan sebesar 6,0 %.

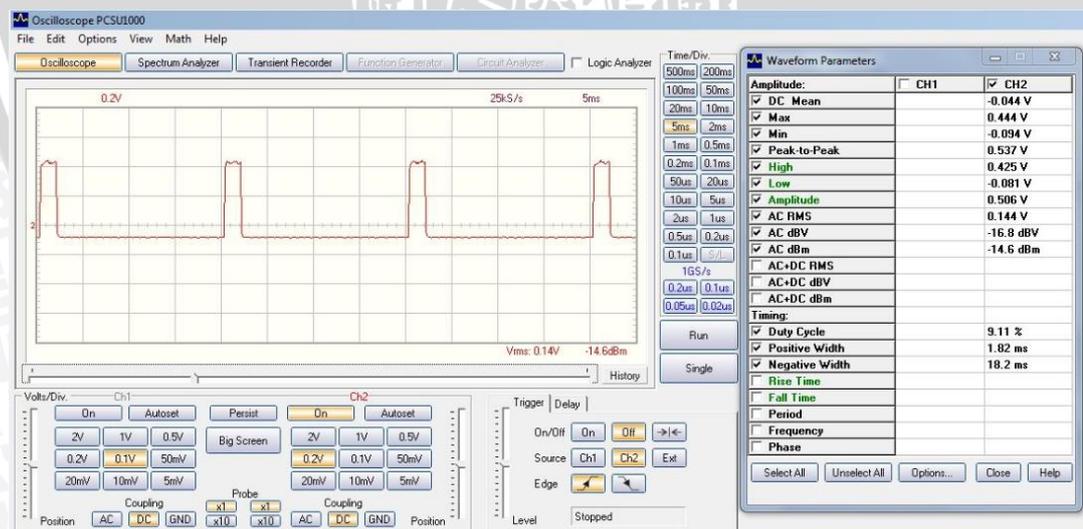
Sinyal motor DC servo pada sudut 90° ditunjukkan dalam Gambar 5.6:



Gambar 5.6 Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 90°

Pada Gambar 5.6 dapat diketahui bahwa saat dilakukan pengujian motor servo pada sudut 90° , *duty cycle* yang dihasilkan sebesar 7,60 %.

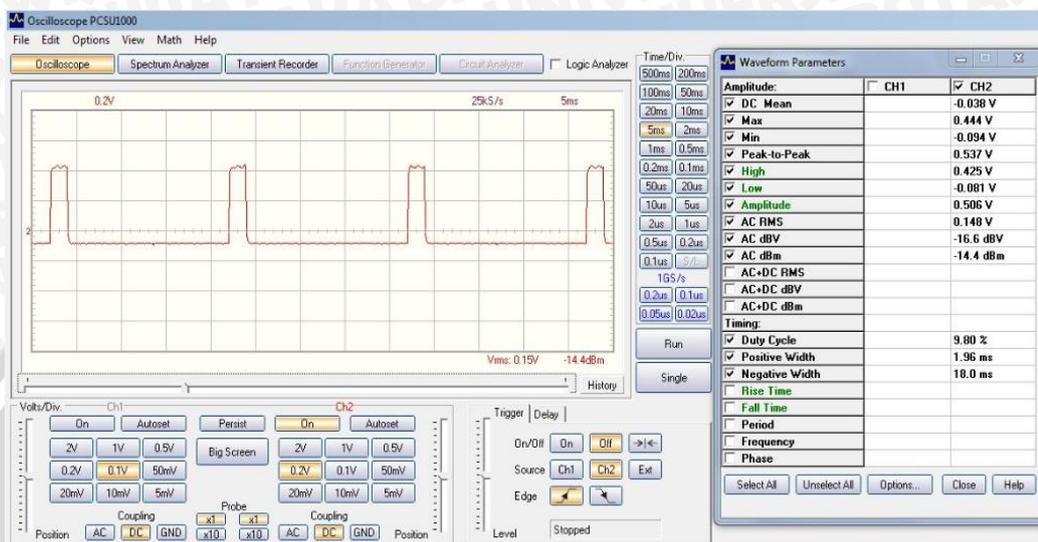
Sinyal motor DC servo pada sudut 120° ditunjukkan dalam Gambar 5.7:



Gambar 5.7 Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 120°

Pada Gambar 5.7 dapat diketahui bahwa saat dilakukan pengujian motor servo pada sudut 120° , *duty cycle* yang dihasilkan sebesar 9,11 %.

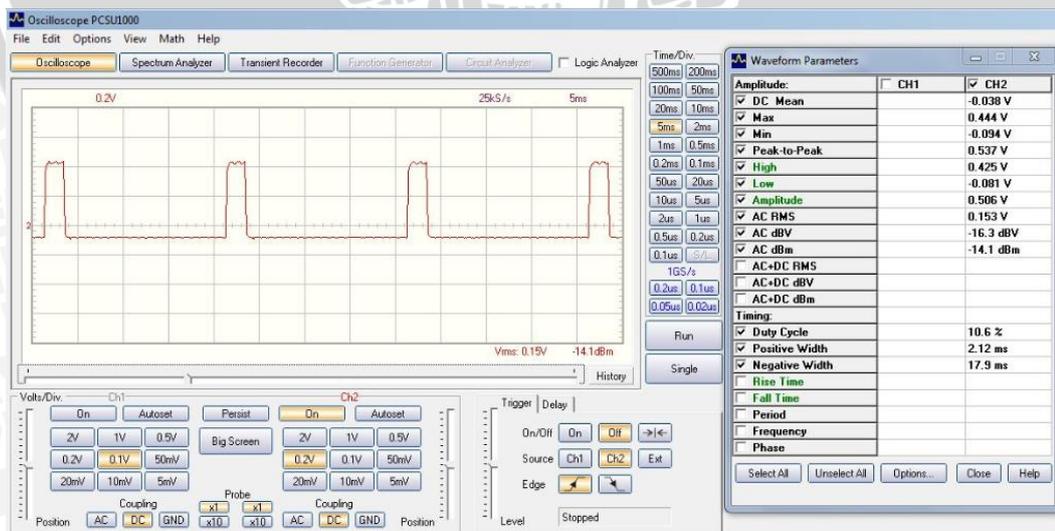
Sinyal motor DC servo pada sudut 150° ditunjukkan dalam Gambar 5.8:



Gambar 5.8 Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 135°

Pada Gambar 5.8 dapat diketahui bahwa saat dilakukan pengujian motor servo pada sudut 135° , *duty cycle* yang dihasilkan sebesar 9,80 %.

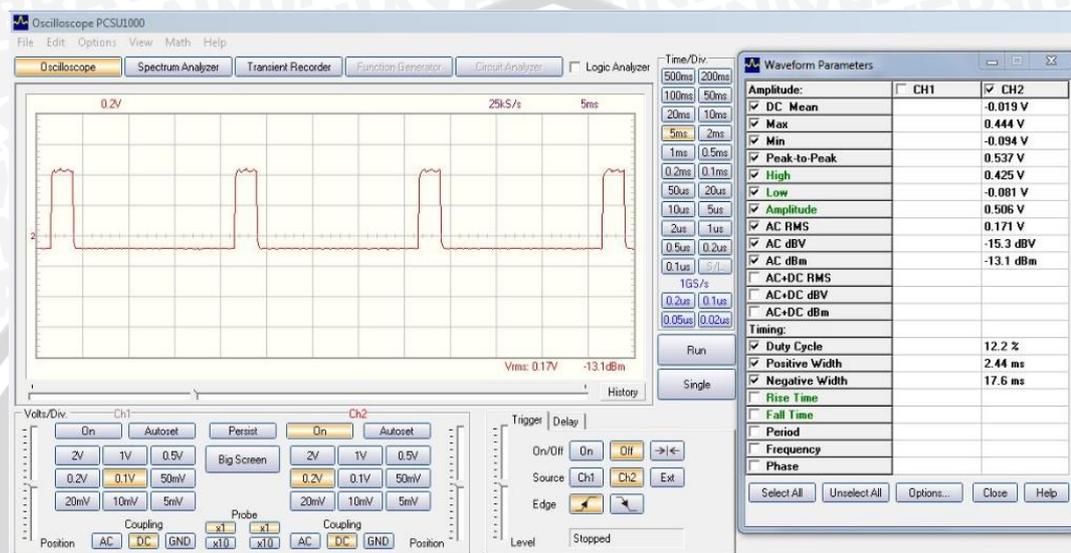
Sinyal motor DC servo pada sudut 150° ditunjukkan dalam Gambar 5.9:



Gambar 5.9 Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 150°

Pada Gambar 5.9 dapat diketahui bahwa saat dilakukan pengujian motor servo pada sudut 150° , *duty cycle* yang dihasilkan sebesar 10,6 %.

Sinyal motor DC servo pada sudut 180° ditunjukkan dalam Gambar 5.10:



Gambar 5.10 Sinyal Kontrol dengan Parameter Motor Servo Sudut 180°

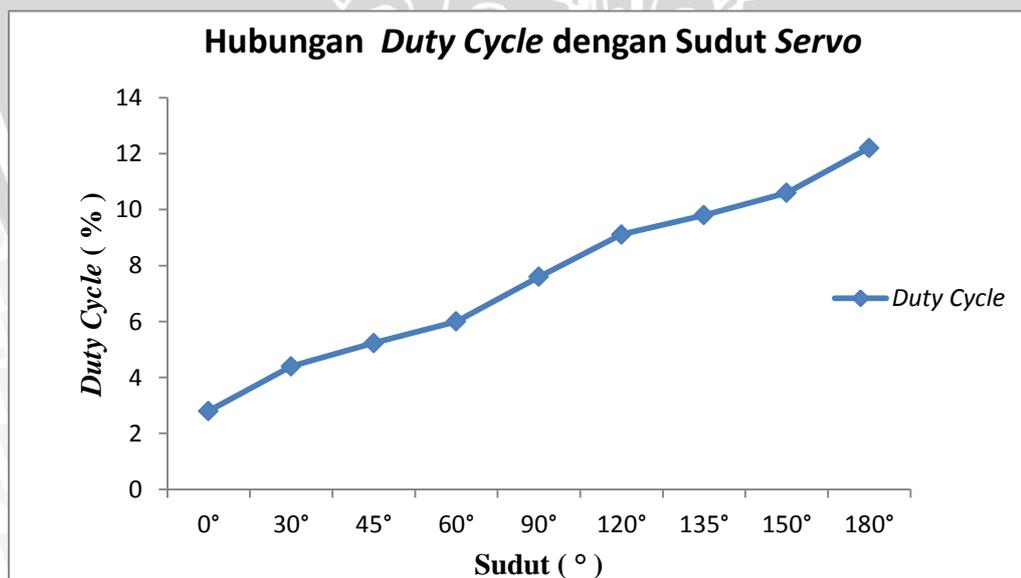
Pada Gambar 5.2 dapat diketahui bahwa saat dilakukan pengujian motor servo pada sudut 0° , *duty cycle* yang dihasilkan sebesar 2,80 %.

Hasil Pengujian *duty cycle* ditunjukkan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hubungan *Duty Cycle* dengan Sudut Motor Servo

No	<i>Duty Cycle</i> (%)	Sudut Servo
1	2,8	0°
2	4,4	30°
3	5,23	45°
4	6	60°
5	7,6	90°
6	9,11	120°
7	9,8	135°
8	10,6	150°
9	12,2	180°

Sehingga dibuatlah grafik hubungan *duty cycle* dengan sudut motor DC servo pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Grafik Hubungan *Duty Cycle* dengan Sudut Servo

Dari hasil pengujian sinyal motor DC servo yang dilakukan, dapat dilihat bahwa semakin besar sudut servo maka *duty cycle* juga semakin besar.

5.3 Pengujian Rangkaian *Dimmer* dan Panas Lampu

1. Tujuan

Mengetahui pengaruh sudut putaran potensiometer pada *dimmer* terhadap besarnya tegangan, arus, dan daya lampu.

2. Peralatan yang Digunakan

- *Dimmer*.
- Lampu 60 watt.
- *Power Analyzer*.
- Busur.
- Termometer Digital Krisbow KW06-308

3. Langkah Pengujian

- a. Menghubungkan steker *dimmer* dengan sumber AC 220 V.
- b. Menghubungkan keluaran *dimmer* dengan lampu dan *power analyzer*.
- c. Mengatur sudut putaran *dimmer* dengan sudut yang berbeda-beda mulai 0° - 180° menggunakan busur.
- d. Mengamati dan mencatat perubahan tegangan, arus, dan daya yang tertera pada *power analyzer*.
- e. Mengamati dan mencatat perubahan suhu di dekat lampu dengan termometer selama 30 detik.

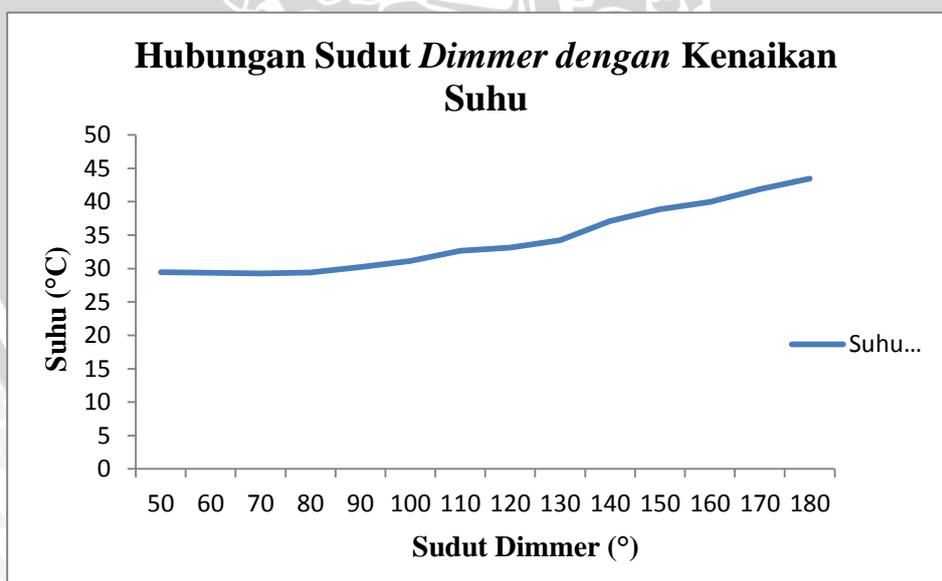
4. Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian *dimmer* ditunjukkan pada Tabel 5.3. *Dimmer* yang digunakan memiliki besar sudut penyalaan dari posisi *off* ke *on* sebesar 50° , apabila sudut kurang dari 50° *dimmer* tidak akan aktif sehingga tidak mengeluarkan arus.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Keluaran *Dimmer*

Sudut Dimmer (°)	Tegangan (V)	Arus (I)	Cos ϕ	Daya (W)	Suhu (°C)
50	223,7	0,31	0,45	30	29,45
60	223,6	0,32	0,41	29	29,34
70	223,2	0,32	0,41	29	29,25
80	223	0,32	0,41	29	29,4
90	222,7	0,33	0,46	35	30,23
100	222,7	0,34	0,57	39	31,14
110	222,6	0,35	0,55	44	32,64
120	222	0,36	0,56	45	33,12
130	222	0,37	0,57	46	34,21
140	221,4	0,38	0,6	50	37,12
150	221,5	0,39	0,64	55	38,86
160	221,9	0,39	0,68	57	39,97
170	221,6	0,4	0,7	62	41,87
180	221,3	0,4	0,73	66	43,43

Dari tabel di atas dapat diketahui hubungan antara sudut *dimmer* dengan kenaikan suhu yang dihasilkan di dekat lampu dalam Gambar 5.12.

Gambar 5.12 Hubungan Sudut *Dimmer* dengan Kenaikan Suhu

5.4 Pengujian *Driver* Kipas

1. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keluaran tegangan dari *driver* kipas ketika diberikan input PWM yang berbeda melalui program arduino 1.0.6.

2. Peralatan yang Digunakan

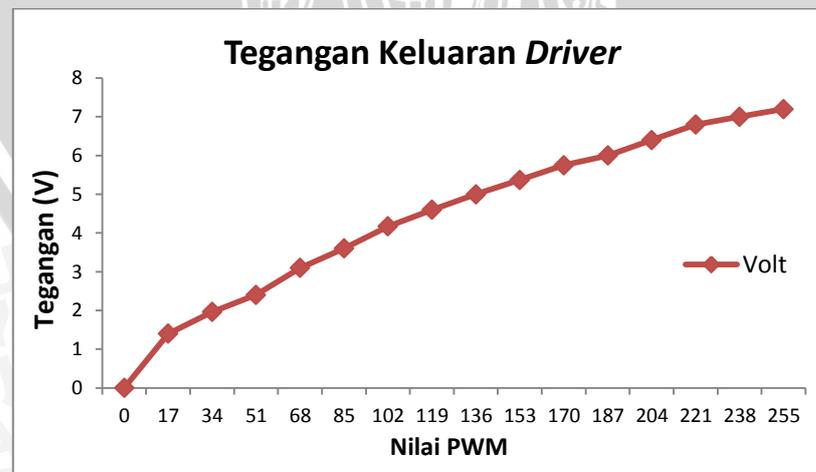
- Kipas DC 12V
- *Driver* kipas
- Arduino mega 2560
- *Power supply* 9V DC
- AVO meter
- Laptop

3. Langkah Pengujian

- Menghubungkan rangkaian pada *driver* kipas
- Memberikan sinyal PWM dari *software* arduino mega 2560 ke *driver* kipas mulai 0 – 255.
- Mengamati dan mencatat perubahan tegangan keluaran *driver* dengan menggunakan AVO meter

4. Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian didapatkan kesimpulan bahwa semakin besar nilai PWM yang diberikan maka tegangan keluaran *driver* kipas juga semakin besar. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Gambar 5.13.



Gambar 5.13 Hubungan *Input* PWM dengan Tegangan Keluaran pada *Driver* Kipas

5.5 Pengujian Tanpa Kontroler

1. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana perbedaan respon sistem terhadap *setpoint* ketika tanpa kontroler dan menggunakan, sehingga dapat ditentukan bahwa sistem memerlukan sebuah sistem pengontrolan.

2. Peralatan yang digunakan

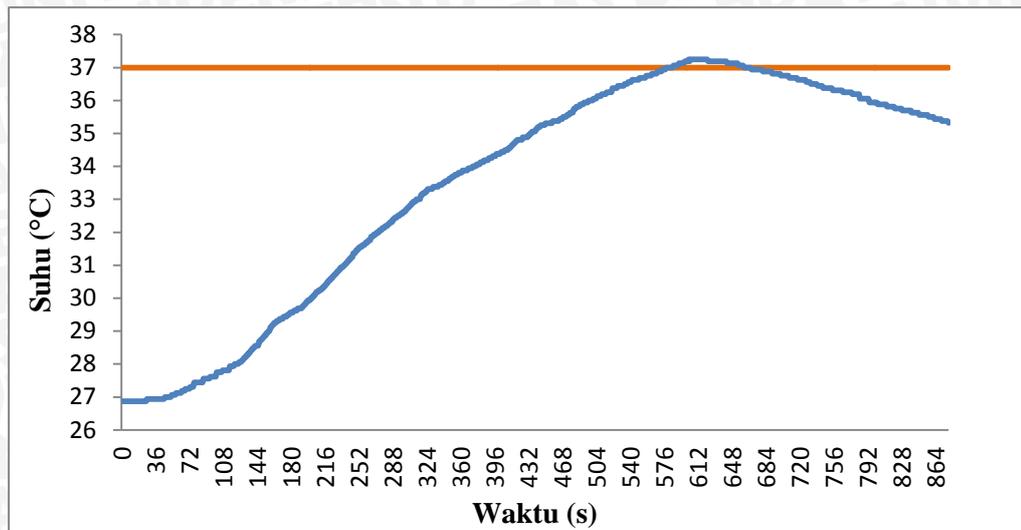
- Inkubator hasil desain sendiri
- Sensor DS18B20
- Arduino ATmega 2560
- *Dimmer*
- Motor DC servo
- Kipas DC 12V dan *driver* kipas
- *Power supply* 9 V DC
- Program dan *software* arduino 1.0.6
- Laptop

3. Langkah Pengujian

- a. Menyalakan pemanas inkubator dengan memutar *dimmer* ke sudut 180° dengan motor DC servo hingga mencapai *setpoint* (37°C).
- b. Menampilkan keluaran nilai suhu pada *serial monitor* pada *software* arduino 1.0.6.
- c. Mengamati keluaran suhu kemudian menampilkan dalam bentuk grafik terhadap waktu.

4. Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan hasil respon suhu tanpa kontroler. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Grafik Respon Sistem Tanpa Kontroler

Dalam grafik diatas terjadi *overshoot* yaitu $37,25^{\circ}\text{C}$ dan sistem tidak stabil setelah mencapai *setpoint* maka diperlukan sebuah kontroler untuk menjaga kestabilan sistem agar suhu tetap pada posisi *setpoint*.

5.6 Pengujian Keseluruhan Sistem

1. Tujuan

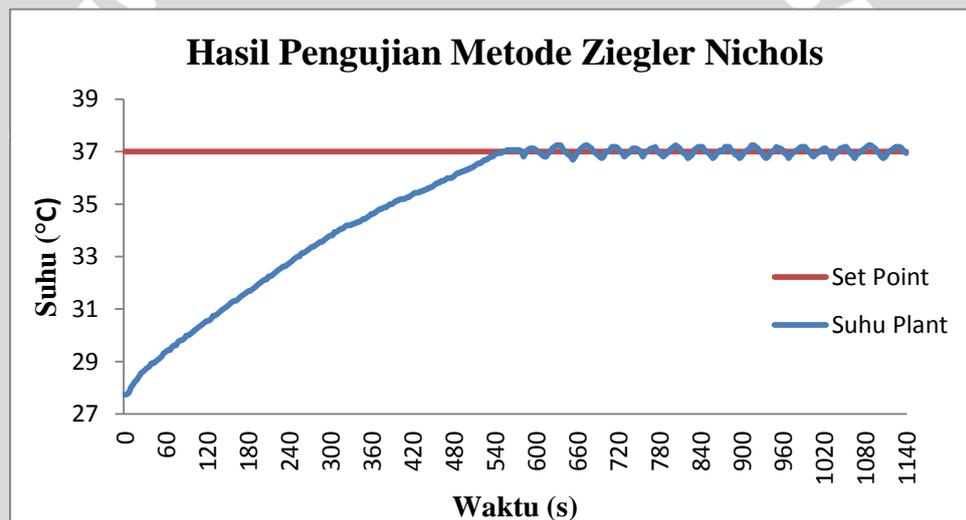
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja sistem secara keseluruhan dengan menggunakan kontroler PID yang telah didapatkan menggunakan metode 1 *Ziegler-Nichols* dan mengamati respon kontroler yang terbaik terhadap *setpoint*.

2. Peralatan yang Digunakan

- Inkubator hasil desain sendiri
- Motor DC servo
- Dimmer
- Kipas DC 12V dan *driver* kipas
- *Power supply* 9 V DC
- Arduino Mega 2560
- Sensor DS18B20
- Program dan *software* arduino 1.0.6
- Laptop

3. Langkah Pengujian
 - a. Menyusun rangkaian.
 - b. Mengunduh program arduino 1.0.6 dengan masukan nilai $K_p = 12,053$, $K_i = 0,134$, dan $K_d = 271,2$.
 - c. Mengamati keluaran suhu pada *serial monitor*.
 - d. Mencatat keluaran suhu pada *serial monitor* dan menjadikan grafik terhadap waktu.
4. Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan hasil respon yang terbaik dengan *settling time* paling kecil dan waktu untuk mencapai *steady state* tercepat yang dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Grafik Respon dengan Nilai K_p , K_i dan K_d

Berdasarkan hasil pengujian dalam Gambar 5.15 grafik respon sistem keseluruhan, diperoleh kinerja sistem antara lain :

1. t_u (waktu tunda) yaitu waktu ketika suhu belum naik karena pemanas masih dalam proses pemanasan. t_u berdasarkan pengujian adalah 9 detik.
2. t_s (*settling time*) yaitu waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai nilai akhir ketika *steady*. t_s berdasarkan pengujian adalah 552 detik. *Settling time* didapat ketika suhu telah mencapai 37°C.

3. *Error steady state* adalah nilai kesalahan saat respon telah mencapai pada keadaan tunak / *steady*. Persentase kesalahan dapat dicari dengan menggunakan persamaan dibawah:

$$\%E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N \frac{|PV - SP|}{SP} \times 100 \%$$

$$\%E = \frac{1}{197} \times 0,617297 \times 100\%$$

$$\%E = 0,31335 \%$$

Dimana n adalah jumlah data ketika telah mencapai *setpoint*, PV adalah *present value*, dan SP adalah *setpoint*.

5.7 Pengujian Keseluruhan Sistem dengan Gangguan

1. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja sistem secara keseluruhan dan mengamati respon kontroler terhadap *setpoint* ketika mendapatkan gangguan berupa perubahan aliran suhu yang turun drastis.

2. Peralatan yang Digunakan

- Inkubator hasil desain sendiri
- Motor DC servo
- *Dimmer*
- Kipas DC 12V dan *driver* kipas
- *Power supply* 9 V DC
- Arduino Mega 2560
- Sensor DS18B20
- Program dan *software* arduino 1.0.6
- Laptop

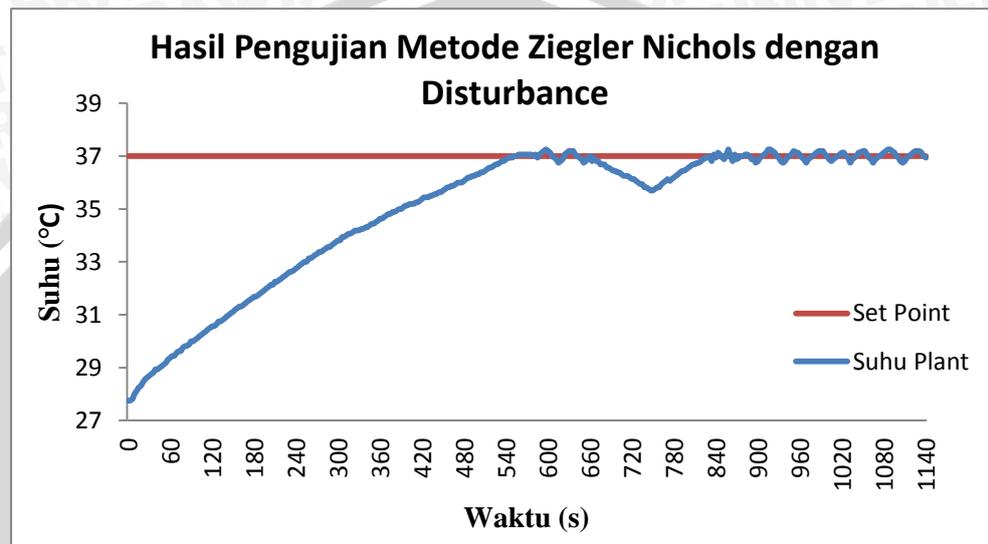
3. Langkah Pengujian

- a. Menyusun rangkaian.
- b. Mengunduh program arduino 1.0.6 dengan masukan nilai $K_p = 12,053$, $K_i = 0,134$, dan $K_d = 271,2$.
- c. Membuka pintu atas inkubator ketika respon telah mencapai *setpoint* selama 2 menit kemudian menutupnya kembali.

d. Mengamati dan mencatat keluaran suhu dan menjadikan grafik terhadap waktu.

4. Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan hasil respon setelah diberi gangguan yang dapat dilihat dalam Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Grafik Respon Sistem dengan Pemberian Gangguan

Dari grafik hasil pengujian, dapat dilihat respon sistem terhadap gangguan berupa perubahan suhu ketika pintu penutup dibuka selama 2 menit. Sistem dapat kembali dalam keadaan *steady state* setelah terjadinya gangguan dan mengalami proses *recovery time* sebesar 81 detik. Dengan begitu dapat dikatakan sistem kontrol pada perancangan ini telah bekerja dengan baik

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari perancangan, pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan pada penelitian sistem pengendalian kecepatan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat yang dirancang sudah sesuai dengan yang diharapkan, di mana suhu ruang inkubator dapat dipertahankan sesuai dengan *setpoint* dengan rata-rata %Ess sebesar 0,31335%.
2. Dengan menggunakan metode 1 *Ziegler-Nichols* untuk menentukan nilai parameter kontroler PID, maka didapatkan nilai $K_p = 12,053$, $K_i = 0,134$, $K_d = 271,2$.

6.2 Saran

Dalam pembuatan alat ini disadari bahwa masih memiliki beberapa kekurangan antara lain:

1. Disarankan menggunakan sensor suhu yang memiliki kualitas yang lebih baik dan mekanik yang lebih sempurna.
2. Ditambahkan jumlah sensor untuk mengurangi kesalahan pengukuran suhu, sehingga dapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Curtis D., Dohnson. 1997. *Process Control Instrumentation Technology Fifth Edition*. New York: Prentice-Hall, Inc.
- Gunterus, Frans. 1994. *Falsafah Dasar Sistem Pengendalian Proses*. Jakarta. PT Elex Media Komputindo.
- Manjoer, Arif. 2000. *Kapita Selekta Kedokteran Edisi Ketiga*. FKUI. Jakarta
- Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. Jakarta: Erlangga.
- Pitawarno, Endra. 2006. *Desain Kontrol dan Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta : CV Andi Offset.
- Soetrisno, Eddy. 2001. *Pendekatan Baru tentang Perawatan Bayi Hingga Umur 3 Tahun*. Jakarta : Progres.



LAMPIRAN



LAMPIRAN I FOTO ALAT

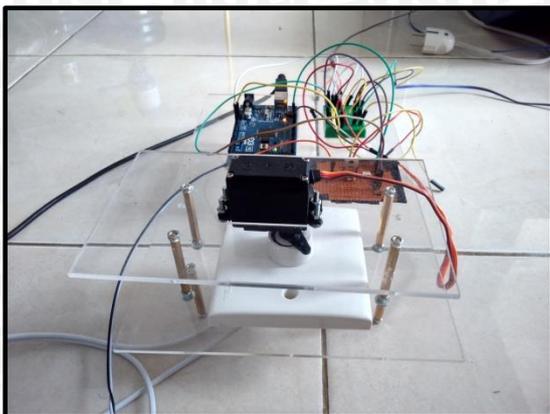


Keseluruhan Alat Tampak Samping

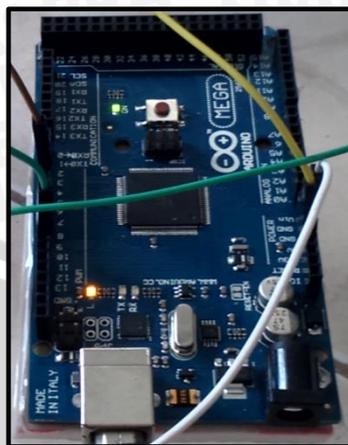


Keseluruhan Alat Tampak Atas

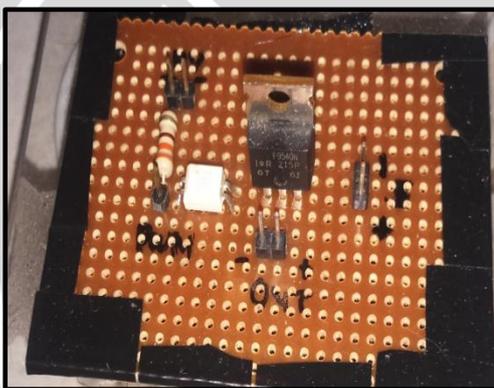
Bagian Pemanas Inkubator



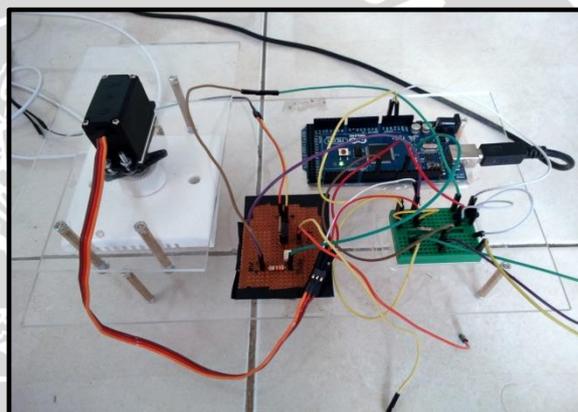
Dimmer dan Motor DC Servo



Arduino Mega 2560



Driver Kipas DC



Hasil Perancangan Rangkaian Elektrik

LAMPIRAN II

LISTING PROGRAM

```
#include <Servo.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 3 // sensor pada pin 3
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

//deklarasi sistem
Servo myservo; // objek servo yang dikontrol
float suhu;
double
setPoint,error,dError,sError,lError,dTime,output,errorTop,errorBot,kP,kI,kD;
unsigned long now,lTime;
int deg,deg1=55; // variabel servo
const int kipas = 10; // kipas pada pin 10

void setup()
{
myservo.attach(9); // servo pada pin 9
pinMode(kipas,OUTPUT);
myservo.write(0);
Serial.begin(9600); // analog input untuk menampilkan suhu
sensors.begin();

//nilai awal
suhu = 0;
error = 0;
dError = 0;
sError = 0;
lError = 0;
dTime = 0;
output = 0;

/*parameter yang di set*/

setPoint = 37;
kP = 12,05 ;
kI = 0,13 ;
```

```
kD = 271,2 ;  
}
```

```
void loop()  
{
```

```
  fan();
```

```
  Serial.print(" Requesting temperatures...");
```

```
  sensors.requestTemperatures(); // Mengirim perintah membaca temperatur
```

```
  Serial.println("DONE");
```

```
  Serial.print("Suhu : ");
```

```
  Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0));
```

```
  if(sensors.getTempCByIndex(0)>45)digitalWrite(13, HIGH);
```

```
  else digitalWrite(13, LOW);
```

```
  delay(3000);
```

```
  sensors.requestTemperatures();
```

```
  suhu = sensors.getTempCByIndex(0);
```

```
  /*perhitungan*/
```

```
  now = millis();
```

```
  dTime =(double) (now-lTime); //waktu sekarang - last time
```

```
  //menghitung nilai error
```

```
  error = setPoint-suhu;
```

```
  //kalkulasi sinyal PID
```

```
  sError =(sError+error); //jumlah error = jumlaherror+error
```

```
  dError = (error-lError); // deferensial error = error-last error
```

```
  //Rumus pid
```

```
  output = (kP*error)+((kI*sError)*(dTime/1000))+((kD*dError)/(dTime/1000));
```

```
  //sinyal PID sebagai perintah untuk aktuator dan pembatas
```

```
  if (output > 0) // belum mencapai setpoint
```

```
  {
```

```
    myservo.write(deg1++); //sudut semakin besar
```

```
    if(deg1 >= 160)
```

```
      myservo.write (160);
```

```
  }
```

```
else if (output < 0) // melebihi setpoint
{
  myservo.write (deg--); //sudut semakin kecil
  if (deg <= 0)
    myservo.write (0);
}
```

```
else if (output=0)
{
  myservo.write(0);
}
```

```
lError = error; //last error
lTime = now; //last time
```

```
}
```

```
// Untuk mengaktifkan Kipas
```

```
void fan()
```

```
{
```

```
  if (suhu < 34)
```

```
  {
    analogWrite(10,255);
  }
```

```
  else if (suhu >= 34 && suhu < 35)
```

```
  {
    analogWrite(10,120);
  }
```

```
  else if (suhu >= 35 && suhu < 36)
```

```
  {
    analogWrite(10,100);
  }
```

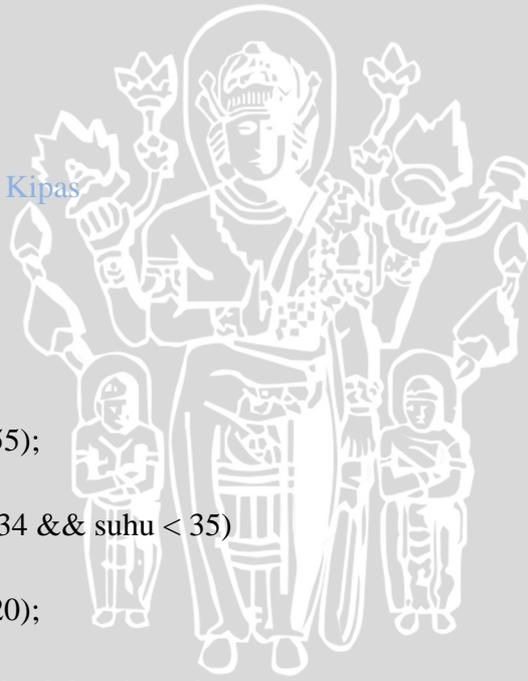
```
  else if (suhu >= 36 && suhu < 37)
```

```
  {
    analogWrite(10,28);
  }
```

```
  else if (suhu >= 37)
```

```
  {
    analogWrite(10,0);
  }
```

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





LAMPIRAN III
DATASHEET

