

**RANCANG BANGUN PENGONTROL SUHU DAN KELEMBABAN PADA PROSES
FERMENTASI TEMPE MENGGUNAKAN KONTROLER PROPORSIONAL**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK KONTROL

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan memperoleh gelar sarjana



Aldi Rizaldi

NIM. 145060301111006

KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

repository.ub.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN
RANCANG BANGUN PENGONTROL SUHU DAN KELEMBABAN
PADA PROSES FERMENTASI TEMPE MENGGUNAKAN
KONTROLER PROPORSIONAL

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK KONTROL

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ALDI RIZALDI

NIM. 145060301111006

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing

Pada tanggal 12 November 2018

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. IPM.

NIP. 19730520 200801 1 013

Dosen Pembimbing



Ir. Purwanto, M.T

NIP. 19540424 198601 1 001



JUDUL SKRIPSI :

RANCANG BANGUN PENGONTROL SUHU DAN KELEMBABAN PADA PROSES
FERMENTASI TEMPE MENGGUNAKAN KONTROLER PROPORSIONAL

Nama Mahasiswa : Aldi Rizaldi
NIM : 145060301111006
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Kontrol

KOMISI PEMBIMBING :

Ketua : Ir. Purwanto, M.T.

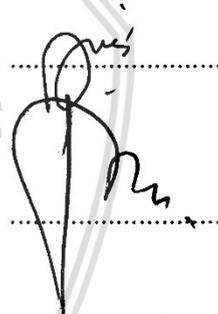


TIM DOSEN PENGUJI :

Dosen Penguji 1 : Goegoes Dwi Nusantoro, S.T., M.T.



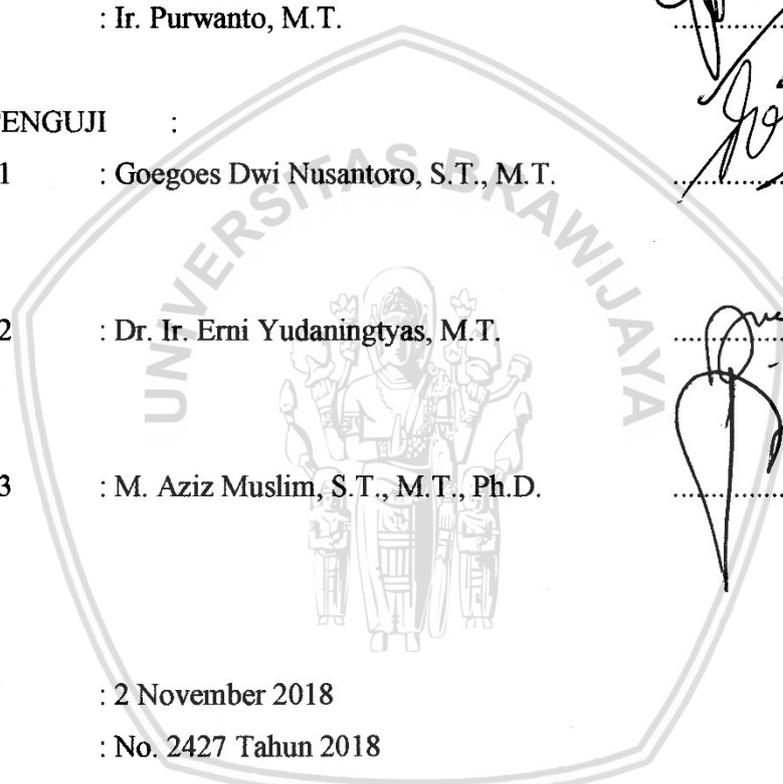
Dosen Penguji 2 : Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, M.T.



Dosen Penguji 3 : M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D.

Tanggal Ujian : 2 November 2018

SK Penguji : No. 2427 Tahun 2018

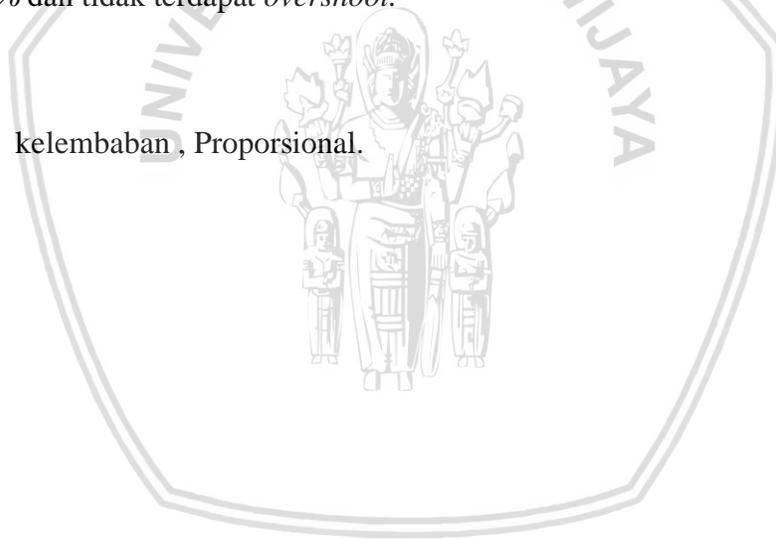


RINGKASAN

Aldi Rizaldi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, September 2018, Rancang Bangun Pengontrol Suhu Dan Kelembaban Pada Proses Fermentasi Tempe Menggunakan Kontroler Proporsional, Dosen Pembimbing: Purwanto.

Rancang bangun alat pengontrol suhu dan kelembaban untuk proses fermentasi tempe dirancang untuk dapat mengontrol suhu dan kelembaban udara pada inkubator berdasarkan kondisi ideal sesuai dengan suhu dan kelembaban yang dibutuhkan untuk fermentasi yang diinginkan. Sebagai pengontrol suhu digunakannya kontroler Proporsional, dan untuk pengontrol kelembaban digunakannya kontroler ON – OFF. Pada pengujian, dilakukan sesuai dengan kondisi ideal, agar dihasilkannya tempe dengan kapang yang sudah terbentuk dengan set point suhu 30 °C dan kelembaban udara yaitu 62%. Pada pengujian tersebut didapatkan *settling time* 120 detik, *error steady state* 0.011 % dan tidak terdapat *overshoot*.

Kata Kunci : Suhu, kelembaban, Proporsional.



SUMMARY

Aldi Rizaldi *Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering University of Brawijaya, October 2018, title, Academic Supervisor: Purwanto.*

The design of temperature and humidity control device for tempe fermentation is designed control the temperature and humidity of the air in the incubator, based on ideal conditions according to the temperature and humidity needed for fermentation. As a temperature controller the proportional controller is used, and for the humidity controller the ON-OFF controller is used. In testing, it was carried out in accordance with ideal conditions, so that the productions of tempe with mold that had been formed with a set point temperature of 30°C and air humidity was 62 % in this test, settling time is 120 seconds, steady state error is 0.011%, and there is no overshoot, and humidity response is 63%.

Keywords: *Temperature, Controller, Proportional*



PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim. Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas segala petunjuk dan nikmat-Nya lah skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi berjudul “, *Rancang Bangun Pengontrol Suhu Dan Kelembaban Pada Proses Fermentasi Tempe Menggunakan Kontroler Proporsional*” ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

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

1. Kedua orang tua, Bapak Sugiarto dan Ibu Noer Indah Riniasih yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan, nasihat dan menjadi motivator dalam pengerjaan skripsi ini
2. Kakak, dan adik saya yang selalu menjadi motivator dalam pengerjaan skripsi ini.
3. Saudara-saudara saya di Mojokerto yang selalu memberi motivasi untuk bisa mempercepat pengerjaan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Ibu Ir. Nurussa'adah, M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
6. Bapak Ali Mustofa, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Sarjana Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
7. Bapak Ir. Purwanto, M.T. selaku Ketua Kelompok Dosen Konsentrasi Teknik Kontrol Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan juga selaku selaku Dosen Pembimbing atas segala bimbingan, pengarahan, saran, dan kritik yang telah diberikan selama proses pengerjaan skripsi.
8. Ibu Dr. Ir. Erni Yudaningsy, M.T. selaku Kepala Laboratorium Sistem Kontrol atas segala bimbingan, masukan, serta nasehat yang telah diberikan.
9. Segenap dosen pengajar dan staff administrasi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
10. Sahabat-sahabat Kontrakan Alfin, Adhif, Pangky, Harahap, Yoppy, Canggih, Jihad dan Alfian dalam memberikan semangat dan saran dalam pengerjaan skripsi.

11. Teman-teman sebimbangan Helmi, Sidiq atas motivasi yang telah diberikan.
12. Laboratorium Sistem Kontrol Teknik Elektro Universitas Brawijaya atas segala alat sarana dan prasarana yang dimanfaatkan penulis dalam melakukan penelitian.
13. Mbak Eka Desiana sebagai pranata Laboratorium Sistem Kontrol yang memberikan dukungan dan motivasi dalam pengerjaan skripsi.
14. Teman – Teman Asisten Laboratorium Sistem Kontrol Mas Yudha, Mas Iqbal, Mas Rifan, Mas Zaini, Mas Rony, Mbak Ana, Mbak Diana, Alfin, Alfian, Bobby, Canggih, Iqbal, Vilard, Yoppy, Ajeng, Firda, Nike, Fajar, Galih, Karil, Godham, Kukuh, Rizal, Amell, Ikma, Andryan, Candra, dan Agung terima kasih telah memberikan banyak bantuan dan canda tawa.
15. Teman-teman Konsentrasi Teknik Kontrol 2014 Universitas Brawijaya atas segala bantuan dan canda tawa yang telah diberikan selama masa studi.
16. Teman-teman DIODA 2014 atas segala bantuan dan kebersamaan yang telah diberikan selama masa studi.
17. Teman dari awal di Malang khususnya Rizki Zein dan Radhiq yang selalu memberikan semangat dan cerita.
18. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyelesaian skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan karena kendala dan keterbatasan dalam pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis berharap saran dan kritik yang membangun untuk penyempurnaan tulisan di masa yang akan datang. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut.

Malang, Oktober 2018

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tempe.....	5
2.2 Fermentasi.....	6
2.3 Mikrokontroler Arduino UNO.....	6
2.3.1 Catu Daya.....	7
2.3.2 Memori.....	8
2.3.3 Input dan Output.....	8
2.3.4 Komunikasi.....	9
2.3.5 Programming.....	9
2.3.6 Perangkat Lunak.....	10
2.3.7 Otomatis Software Reset.....	10
2.4 Sensor SHT 11.....	10



2.4.1	Prinsip Kerja SHT 11	11
2.5	Kipas Angin 12 v DC	12
2.6	Driver VNH2SP30.....	12
2.7	Kontroler.....	13
2.7.1	Kontroler Proporsional	14
2.8	PWM.....	15
2.9	Variabel Kontrol	16
2.9.1	Suhu	16
2.9.2	Kelembaban	16
BAB III METODE PENELITIAN.....		19
3.1	Perancangan Diagram Blok	19
3.2	Spesifikasi Desain.....	20
3.3	Perancangan Alat	20
3.3.1	Desain Alat	21
3.3.2	Perancangan Perangkat Lunak	21
3.4	Pengujian Komponen	23
3.4.1	Pengujian Sensor SHT 11	23
3.4.2	Pengujian Driver VNH2SP30	24
3.4.3	Penentuan Karakteristik Plant	26
3.4.3	Penentuan Nilai KP	27
3.5	Flowchart Program Utama.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		29
4.1	Pengujian Sistem Tanpa Gangguan	29
4.2	Pengujian Sistem Dengan Gangguan Suhu Panas	31
4.3	Pengujian Sistem Dengan Gangguan Suhu yang Berubah	32
4.4	Pengujian Sistem Dengan Kedelai Siap Fermentasi	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		37

5.1 Kesimpulan 37

5.2 Saran 37

DAFTAR PUSTAKA 38

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Deskripsi Arduino UNO..... 7
Tabel 2.2 Tabel acuan pengukuran temperatur..... 16
Tabel 3.1 Aturan Metode 1 Ziegler-Nichols 23
Tabel 3.2 Hasil Pengujian Suhu Sensor SHT11 24
Tabel 3.3 Hasil pengujian driver VNH2SP30 25
Tabel 4.1 Hasil pengujian sistem tanpa gangguan 30
Tabel 4.2 Hasil pengujian dengan gangguan.....32
Tabel 4.3 Hasil pengujian dengan gangguan..... 33
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Pengujian..... 35



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tempe.....	5
Gambar 2.2 Arduino Uno Dan Komponennya	7
Gambar 2.3 Sensor SHT 11	11
Gambar 2.4 Rangkaian Skematik Sensor SHT 11	11
Gambar 2.5 Diagram Blok Pada Chip SHT 11	11
Gambar 2.6 Kipas 12 V DC	12
Gambar 2.7 Driver VNH2SP30	13
Gambar 2.8 Diagram Blok Sistem Kontrol Terbuka	14
Gambar 2.9 Diagram Blok Sistem Kontrol Tertutup.....	14
Gambar 2.10 Diagram Blok Sistem Kontrol Proporsional	15
Gambar 2.11 Sinyal PWM.....	16
Gambar 3.1 Diagram Blok.....	19
Gambar 3.2 Skema Perancangan Alat.....	21
Gambar 3.3 Listing Program Arduino UNO.....	22
Gambar 3.4 Respon Kurva S.....	22
Gambar 3.5 Grafik Pengujian Sensor SHT 11	24
Gambar 3.6 Grafik Pengujian Driver VNH2SP30	26
Gambar 3.7 Grafik Karakteristik Memenuhi Syarat Ziegler Nichols	27
Gambar 3.8 Grafik Penentuan KP.....	27
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Program Utama.....	28
Gambar 4.1 Grafik Respon Suhu Tanpa Gangguan.....	30
Gambar 4.2 Grafik Respon Kelembaban Tanpa Gangguan.....	30
Gambar 4.3 Grafik Respon Sistem dengan Gangguan Pertama	32
Gambar 4.4 Grafik Respon Sistem dengan Gangguan Kedua	33
Gambar 4.5 Grafik Respon Sistem Dengan Kedelai Siap Fermentasi.....	34



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu makanan tradisional yang bertahan dan masih banyak digemari hingga sekarang adalah tempe. Alasan masih digemarinya tempe salah satunya adalah memiliki kandungan gizi yang sangat baik bagi tubuh. Oleh karena itu, tempe sangat baik untuk diberikan kepada masyarakat yang cocok untuk segala kelompok umur (dari bayi hingga lansia), sehingga bisa disebut sebagai makanan semua umur (Astawan, M 2003).

Tempe merupakan bahan makanan hasil fermentasi kacang kedelai atau jenis kacang-kacangan lainnya menggunakan jamur *Rhizopus oligosporus* dan *Rhizopus oryzae*. Tempe merupakan sumber protein nabati dimana tempe mengandung berbagai nutrisi yang diperlukan oleh tubuh seperti protein, lemak, karbohidrat, dan mineral. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa zat gizi tempe lebih mudah dicerna, diserap, dan dimanfaatkan tubuh. Hal ini dikarenakan kapang yang tumbuh pada kedelai menghidrolisis senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana yang mudah dicerna oleh manusia (Kasmidjo, 1990).

Pada umumnya tempe masih dibuat dengan menggunakan proses manual. Pada cuaca dingin tempe biasanya ditutupi dengan kain atau lainnya. Untuk menjaga suhu pada pembentukan tempe saat melakukan penutupan tersebut, pembuat tempe tidak tahu berapa suhu dan kelembaban yang ada pada proses tersebut. Terkadang tempe tidak jadi pada waktunya, dan tempe kadang juga tidak bisa dikonsumsi.

Pada proses pembentukan tempe digunakan metode aerasi yang membantu proses fermentasi dan pertumbuhan jamur tempe untuk mendapatkan cukup udara. Suhu dalam tempat tersebut harus tetap terjaga pada suhu 25 – 35 °C untuk mendapatkan hasil tempe yang kualitasnya bagus. Tempe jika diberi suhu < 25 °C atau > 40°C tempe yang dihasilkan kurang bagus atau kapang tidak kompak dan proses fermentasi akan terganggu.

Pengontrolan suhu identik dengan respon yang lama untuk itu digunakannya kontroler proporsional supaya bisa dilakukan pengontrolan lebih cepat. Pada masalah seperti diatas maka dibutuhkannya alat untuk menjaga suhu dan kelembaban agar proses pembuatan tempe tetap tunak dan menghasilkan tempe yang baik untuk dikonsumsi dengan menggunakan kontroler proporsional.

1.2 Rumusan Masalah

Dari permasalahan yang telah dijelaskan pada latar belakang, terdapat beberapa permasalahan, antara lain :

1. Bagaimana cara mengontrol suhu pada fermentasi tempe dengan kontroler proporsional.
2. Bagaimana pengaruh gangguan suhu yang berubah pada proses fermentasi pembuatan tempe.
3. Bagaimana cara merancang system pengontrol suhu dan kelembaban untuk proses fermentasi tempe.

1.3 Batasan Masalah

Dengan mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan, maka hal-hal yang berkaitan dengan alat akan diberi batasan sebagai berikut :

1. *Board* mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno.
2. Sensor suhu dan kelembaban yang digunakan adalah Sensor SHT 11.
3. *Setpoint* suhu untuk pembentukan tempe adalah 30°C dan kelembaban 62 %
4. Gangguan dari system ini berupa suhu disekitar tempat berubah – ubah
5. Menggunakan lampu pemanas 250 W untuk memanaskan suhu

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah terciptanya alat inkubator fermentasi yang dapat mengontrol suhu dan kelembaban udara dari ruang inkubator sehingga proses fermentasi tempe dapat bekerja dengan baik dan mengurangi kegagalan dari proses fermentasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat skripsi ini adalah dapat menjadi referensi dalam pembuatan inkubator untuk proses fermentasi dimasa mendatang dan bisa digunakan untuk industri rumahan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan penulisan, tujuan masalah, manfaat dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori yang digunakan untuk mendukung dalam permasalahan yang akan dilakukan dalam penelitian ini.

BAB III : METODE PENELITIAN

Berisi tahapan penyelesaian penelitian ini yang meliputi spesifikasi alat, studi literatur, perancangan dan pembuatan alat, pengujian alat, dan pengambilan kesimpulan.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan tentang pengujian Sistem dan analisa pengujian pengujian sistem secara keseluruhan.

BAB V : PENUTUP

Berisi kesimpulan dari analisis hasil peneltian serta saran untuk penelitian selanjutnya.





BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada tinjauan pustaka ini akan dijelaskan teori penunjang yang digunakan dalam penulisan ini, dengan tujuan untuk memudahkan dalam menyelesaikan skripsi ini dan memahami bagaimana mengontrol suhu dan kelembaban dengan menggunakan Kontroler Proporsional. Teori penunjang yang akan dijelaskan dalam Bab II ini adalah:

1. Tempe
2. Fermentasi
3. Mikrokontroler Arduino UNO
4. Sensor SHT 11
5. Kipas 12 V
6. Driver VNH2SP30
7. Kontroler
8. PWM
9. Variabel Kontrol

2.1 Tempe

Tempe merupakan bahan makanan hasil fermentasi kacang kedelai atau jenis kacang-kacangan lainnya menggunakan jamur *Rhizopus oligosporus* dan *Rhizopus oryzae*. Tempe umumnya dibuat secara tradisional dan merupakan sumber protein nabati. Tempe mengandung berbagai nutrisi yang diperlukan oleh tubuh seperti protein, lemak, karbohidrat, dan mineral. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa zat gizi tempe lebih mudah dicerna, diserap, dan dimanfaatkan tubuh. Hal ini dikarenakan kapang yang tumbuh pada kedelai menghidrolisis senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana yang mudah dicerna oleh manusia (Kasmidjo, 1990). Gambar dari tempe ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tempe

Sumber : id.wikipedia.org

2.2 Fermentasi

Fermentasi bahan pangan adalah hasil kegiatan dari beberapa spesies mikroba seperti bakteri, khamir dan kapang. Mikroba yang melakukan fermentasi dengan memberikan hasil yang dikehendaki dapat dibedakan dari mikroba-mikroba penyebab penyakit dan penyebab kerusakan. Mikroba fermentasi mendatangkan hasil akhir yang dikehendaki, misalnya bakteri akan menghasilkan asam laktat, khamir menghasilkan alkohol, kapang menghasilkan tempe (Muchtadi, 1989).

Jenis kapang digunakan dalam khususnya bagi beberapa jenis kayu dan fermentasi bahan pangan khususnya di Asia, seperti kecap, miso, tempe dan lain-lainnya. Jenis kapang yang banyak memegang peranan penting dalam fermentasi bahan makanan tersebut adalah *Aspergillus*, *Rhizopus* dan *Penicillium* (Setiadi, 2002).

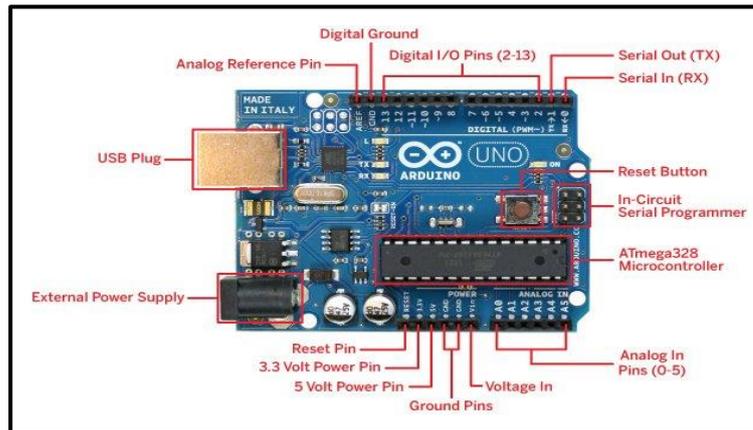
2.3 Mikrokontroler Arduino Uno

Mikrokontroler Arduino Uno adalah *board* berbasis mikrokontroler pada Atmega328. *Board* ini memiliki 14 digital *input / output* pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM). 6 *input* analog, 16 MHz *osilator* kristal, koneksi Usb, jack listrik, tombol *reset*. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya mengubungkan *board* Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari *adaptor* AC ke DC atau menggunakan baterai untuk menjalankannya. *Board* Arduino Uno memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut:

- Pin *out* 1,0: ditambah SDA dan SCL pin yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya yang diletakkan dekat dengan pin *RESET*, IOREF yang memungkinkan *shield-shield* untuk menyesuaikan tegangan 5V dan dengan Arduino *Due* yang beroperasi dengan tegangan 3,3V. Yang kedua merupakan sebuah pin yang tak terhubung, yang disediakan untuk tujuan kedepannya.

- Sirkuit RESET yang lebih kuat
- ATmega 16U2 menggantikan 8U2

Board Arduino Uno dapat dilihat dalam Gambar 2.2



Gambar 2.2 Arduino Uno dan Komponennya

Sumber : <https://eeepoject.com/arduino-uno-board/>

Deskripsi Arduino Uno secara umum dapat dilihat dalam tabel 2.1

Tabel 2.1 Deskripsi Arduino Uno

Microcontroller	ATMega328
Operasi Voltage	5V
Input Voltage	7-12V (Rekomendasi)
Input Voltage	6-20 V (limits)
I/O	14 pin (6 pin untuk PWM)
Arus	50mA
Flash Memory	32KB
Boatloader	SRAM 2KB
EEPROM	1KB
Kecepatan	16MHz

2.3.1 Catu Daya

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Eksternal (non-USB) tegangan dapat diperoleh dari sebuah adaptor AC ke DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan sebuah *center-positive plug* yang panjangnya 2.1mm ke power jack dari *board*. Kabel *lead* dari baterai dapat dimasukkan ke dalam *header pin Ground (Gnd)* dan *Vin* dari konektor POWER.

Board Arduino Uno dapat beroperasi pada sebuah suplai eksternal dari 6 sampai 20 Volt. Jika di suplai kurang dari 7 volt, contohnya ketika pin 5V mendapat suplai kurang dari 5 volt dapat berakibat *board* arduino menjadi tidak stabil. Jika



menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan merusak *board*. Rentang yang dianjurkan adalah 7-12V.

10 Pin catu daya adalah sebagai berikut:

- VIN. Tegangan *input* ke *board* Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai lawan dari 5 volt dari koneksi USB atau sumber daya lainnya diatur). Anda dapat menyediakan tegangan melalui pin ini, atau, jika memasok tegangan melalui colokan listrik, mengaksesnya melalui pin ini.
- 5V. Catu daya diatur digunakan untuk daya mikrokontroller dan komponen lainnya di *board*. Hal ini dapat terjadi baik dari VIN melalui regulator on *board*, atau diberikan oleh USB.
- 3,3V pasokan yang dihasilkan oleh regulator *on-board*. Menarik arus maksimum adalah 50 mA.
- GND.

2.3.2 Memori

ATMega328 memiliki 32KB dengan 0,5 KB digunakan untuk *loading file*. Ia juga memiliki 2 KB dari SRAM dan 1 KB dari EEPROM.

2.3.3 Input & Output

Masing-masing dari 14 pin digital pada Uno dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi di 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki resistor *pull-up* internal dari 20-50K_Ω. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

- Serial: 0(RX) dan 1(TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan menirirkan (TX) data TTL serial. Pin ini terhubung ke pin yang sesuai dari chip ATMega8U2 *USB-to-Serial* TTL.
- Eksternal interupsi : 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interupsi pada nilai yang rendah, tepi naik atau jatuh, atau perubahan nilai. Lihat *attach interrupt()* fungsi untuk rincian.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10 dan 11. Menyediakan 8-bit ouput PWM dengan analog *Write ()* fungsi.
- SPI: 10 (SS), 11 (mosi), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI.

- LED : 13. Ada built-in LED terhubung ke pin digital13. Ketika pin adalah nilai TINGGI, LED menyala, ketika pin adalah RENDAH, itu *off*.

Arduino Uno memilih 6 *input* analog, diberi label A0 melalui A5, masing-masing menyediakan 10 bit resolusi yaitu 1024 nilai yang berbeda. Secara *default* sistem mengukur dari tanah sampai 5 volt.

- TWI: A4 atau SDA pin dan A5 atau SCL pin. Mendukung komunikasi TWI.
- Aref. Referensi tegangan untuk *input* analog. Digunakan dengan *analog Reference* ().
- *Reset*.

Lihat juga pemetaan antara pin Arduino dan ATmega328 *port*. Pemetaan untuk ATmega8, 168, 328 adalah identik.

2.3.4 Komunikasi

Arduino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lain. ATmega328 ini menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1(TX). Sebuah ATmega16U2 pada saluran *board* ini komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai com port virtual untuk perangkat lunak pada komputer. *Firmware* Arduino menggunakan USB *driver* standar COM, dan tidak ada *driver* eksternal yang dibutuhkan. Namun, pada *windows*, *file .inf* diperlukan. Perangkat lunak Arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data sederhana yang akan dikirim ke *board* Arduino. RX dan TX LED di *board* akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui *chip USB-to-Serial* dan koneksi USB ke komputer. ATmega328 ini juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI. Fungsi ini digunakan untuk melakukan komunikasi *interface* pada sistem.

2.3.5 Programming

Arduino Uno dapat diprogram dengan perangkat lunak Arduino. Pilih Arduino Uno dari *Tool* lalu sesuaikan dengan mikrokontroler yang digunakan. ATmega328 pada Arduino Uno memiliki *bootloader* yang memungkinkan anda untuk meng-*upload* program baru tanpa menggunakan *programmer hardware eksternal*. Cara berkomunikasi menggunakan protokol dari bahasa C. Sistem ini dapat menggunakan perangkat lunak FLIP Atmel (Windows) atau *programmer DFU* (Mac OS X dan Linux) untuk memuat *firmware* baru. Atau anda dapat menggunakan *header ISP* dengan *programmer eksternal*.

2.3.6 Perangkat Lunak (Arduino IDE)

Lingkungan *open-source* Arduino memudahkan untuk menulis kode dan meng-*upload* ke *board* Arduino. Ini berjalan pada Windows, Mac OS X, dan Linux. Berdasarkan pengolahan, *avr-gcc*, dan perangkat lunak sumber terbuka lainnya.

2.3.7 Otomatis Software Reset

Tombol *reset* Arduino Uno dirancang untuk menjalankan program yang tersimpan didalam mikrokontroller dari awal. Tombol *reset* terhubung ke ATmega328 melalui kapasitor 100 nf. Setelah tombol *reset* ditekan cukup lama untuk me-*reset chip*, software IDE Arduino dapat juga berfungsi untuk meng-*upload* program dengan hanya menekan tombol *upload* di *software* IDE Arduino.

2.4 Sensor SHT 11

SHT11 Module merupakan modul sensor suhu dan kelembaban relatif . Modul ini dapat digunakan sebagai alat pengindra suhu dan kelembaban dalam aplikasi pengendali suhu dan kelembaban ruangan maupun aplikasi pemantau suhu dan kelembaban relatif ruangan.

Spesifikasi dari SHT11 ini adalah sebagai berikut:

1. Berbasis sensor suhu dan kelembaban relatif Sensirion SHT11.
2. Mengukur suhu dari -40C hingga +123,8C, atau dari -40F hingga +254,9F dan kelembaban relatif dari 0%RH hingga 1%RH.
3. Memiliki ketetapan (akurasi) pengukuran suhu hingga 0,5C pada suhu 25C dan ketepatan (akurasi) pengukuran kelembaban relatif hingga 3,5%RH.
4. Memiliki atarmuka serial synchronous 2-wire, bukan I2C.
5. Jalur antarmuka telah dilengkapi dengan rangkaian pencegah kondisi sensor lock-up.
6. Membutuhkan catu daya +5V DC dengan konsumsi daya rendah 30 μ W.
7. Modul ini memiliki faktor bentuk 8 pin DIP 0,6 sehingga memudahkan pemasangannya

SHT11 adalah sebuah single chip sensor suhu dan kelembaban relatif dengan multi modul sensor yang outputnya telah dikalibrasi secara digital. Dibagian dalamnya terdapat kapasitas polimer sebagai elemen untuk sensor kelembaban relatif dan sebuah pita regangan yang digunakan sebagai sensor temperatur. Output kedua sensor digabungkan dan dihubungkan pada ADC 14 bit dan sebuah interface serial pada satu chip yang sama. Sensor ini menghasilkan sinyal keluaran yang baik dengan waktu respon yang cepat. SHT11 ini

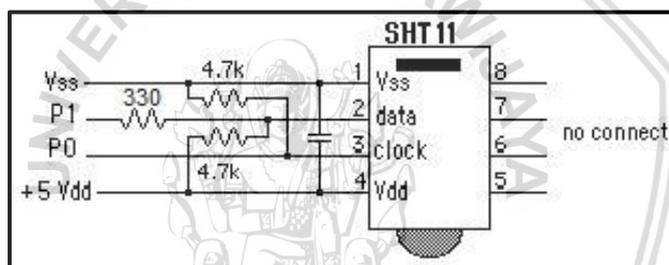
dikalibrasi pada ruangan dengan kelembaban yang teliti menggunakan hygrometer sebagai referensinya. Koefisien kalibrasinya telah diprogramkan ke dalam OTP memory. Koefisien tersebut akan digunakan untuk mengkalibrasi keluaran dari sensor selama proses pengukuran. Gambar Sensor SHT 11 ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sensor SHT 11

Sumber : <http://lapantech.com/>

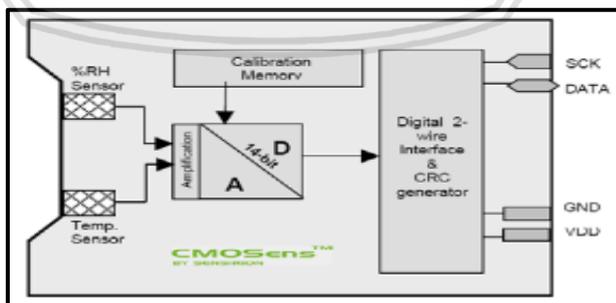
Gambar Rangkaian Skematik dari Sensor SHT 11 ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Rangkaian skematik sensor SHT11

Sumber: www.robotronix.co.id

Gambar dari Blok Diagram pada Chip Sensor sht 11 ditunjukkan juga pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Blok diagram pada chip SHT 11

Sumber: www.Sensirion.com

2.4.1 Prinsip kerja SHT 11

SHT11 adalah sebuah single chip sensor suhu dan kelembaban relatif dengan multi modul sensor yang *outputnya* telah dikalibrasi secara digital. Di bagian

dalamnya terdapat kapasitas polimer sebagai elemen untuk sensor kelembaban relatif dan sebuah pita regangan yang digunakan sebagai sensor temperatur. *Output* kedua sensor digabungkan dan dihubungkan pada ADC 14 bit dan sebuah interface serial pada satu chip yang sama. Sensor ini menghasilkan sinyal *output* yang baik dengan waktu respon yang cepat. SHT11 ini dikalibrasi pada ruangan dengan kelembaban yang teliti menggunakan hygrometer sebagai referensinya. Koefisien kalibrasinya telah diprogramkan kedalam OTP memory. Koefisien tersebut akan digunakan untuk mengkalibrasi *output* dari sensor selama proses pengukuran (Sensirion, 2011).

2.5 Kipas Angin 12 V DC

Kipas angin (fan) adalah perangkat mekanis yang digunakan untuk membuat aliran gas kontinu seperti udara. Dalam setiap sistem pendingin, yang menggunakan gas sebagai penghantar, kipas angin adalah unit wajib yang menciptakan aliran udara dalam sistem. Sistem ini dapat dilihat dalam kipas angin sederhana yang digunakan di rumah tangga atau kipas pendingin eksternal untuk mesin pembakaran internal. Kipas angin biasanya terdiri dari baling-baling atau pisau tetap ke sebuah hub, biasanya disebut impeller. Mekanisme penggerak seperti motor atau drive belt akan terhubung untuk menciptakan gerak rotasi impeller. Mekanisme gerak bisa diatur sehingga alirannya bias sentrifugal atau aksial. Fan aksial meniup gas sepanjang sumbu rotasi, sedangkan fan sentrifugal meniup gas radial keluar dari sumbu impeller. Gambar Kipas yang digunakan ditunjukkan pada gambar 2.6.

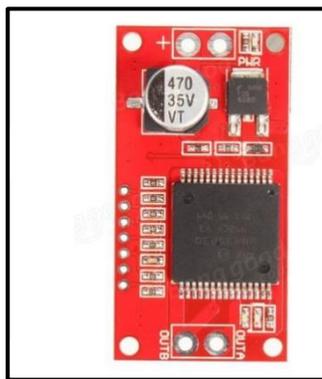


Gambar 2.6. Kipas 12 V DC

Sumber <https://www.ebay.com/>

2.6 Driver VNH2SP30

Diperlukan sebuah driver yang bisa digunakan untuk melakukan pengendalian kipas, driver tersebut yaitu driver VNH2SP30 yang di dalamnya terdiri dari Transistor yang digunakan untuk menggerakkan motor DC. Tampilan Modul driver VNH2SP30 ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Driver VN12SP30

Sumber: Tokopedia.com

VN12SP30 adalah driver motor Full H Bridge yang digunakan untuk berbagai aplikasi. Perangkat ini menggabungkan driver sisi ganda monolitik tinggi dan dua switch sisi rendah. Saklar penggerak sisi tinggi dirancang menggunakan teknologi M0FT yang diakui dan terbukti milik STMicroelectronic, yang memungkinkan integrasi yang efisien pada mati yang sama dari MOSFET Daya sejati dengan sirkuit sinyal / perlindungan cerdas. VIN dan motor keluar dipasang untuk terminal sekrup 5mm, sehingga mudah untuk menghubungkan kabel gauge yang lebih besar. INA dan INB mengendalikan arah setiap motor, dan pin PWM menyalakan atau mematikan motor. Untuk VN12SP30, pin sense (CS) saat ini akan menghasilkan kira-kira 0,13 volt per amp output saat ini.

2.7 Kontroler

Kontrol otomatis membandingkan nilai sebenarnya dari keluaran sistem secara keseluruhan dengan mengacu pada masukan (nilai yang dikehendaki), menentukan penyimpangan, dan menghasilkan sinyal kontrol yang akan mengurangi penyimpangan menjadi nol atau nilai yang terkecil (Ogata K., 1997). Selain itu analisis juga dilakukan untuk mengetahui bagaimana kecepatan sistem dalam merespon *input* dan peredamannya terhadap adanya lonjakan (*over shoot*).

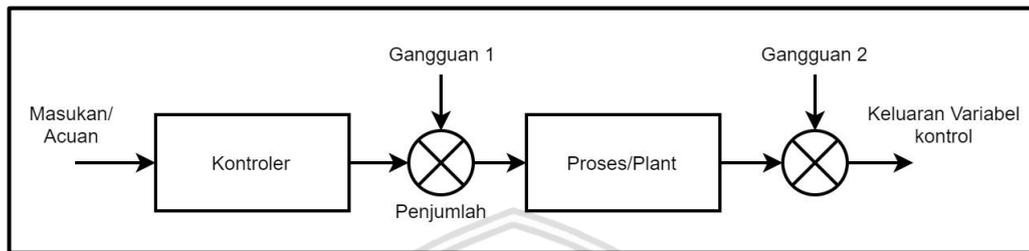
Suatu sistem dikatakan stabil, jika diberi gangguan maka sistem tersebut akan kembali ke keadaan *steady*, yaitu *output* berada dalam keadaan tetap seperti tidak ada gangguan. Sistem dikatakan tidak stabil, jika *output* berosilasi terus menerus ketika dikenai suatu gangguan. Karena suatu sistem pengendalian 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*.

Menurut bentuk *loop* system pengontrolannya, system pengontrolan terbagi menjadi 2 macam, yaitu:

1. Sistem Pengendalian *Loop* Terbuka (*Open Loop Control System*)

Sistem Pengendalian *loop* terbuka adalah system pengendalian yang keluarannya tidak dapat mempengaruhi aksi dari pengendaliannya, jadi pada system ini keluaran dari kontroler tidak diukur atau dibalikkan untuk dibandingkan dengan masukannya (K. Ogata, 1985).

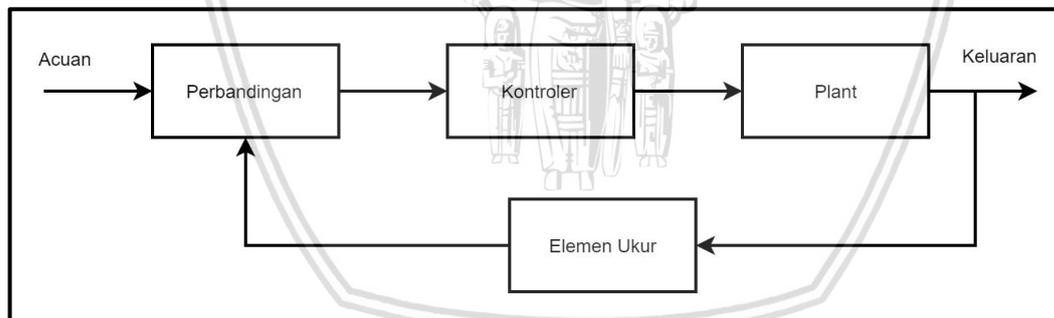
Blok diagram *loop* terbuka dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Blok diagram sistem kontrol terbuka (K. Ogata., 1985)

2. Sistem Pengendalian *Loop* Tertutup (*Closed Loop Control System*)

Sistem kontrol *loop* tertutup adalah sistem pengendalian yang sinyal keluarannya memiliki pengaruh langsung terhadap aksi pengendaliannya (K. Ogata, 1985). Kontrol *loop* tertutup termasuk dalam system control berumpan balik dimana kesalahan penggerak atau *error* merupakan selisih antara sinyal masukan dan umpan-balik. Blok diagram system *loop* tertutup dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Blok diagram sistem kontrol loop tertutup (K. Ogata., 1985)

2.7.1 Kontroler Proporsional

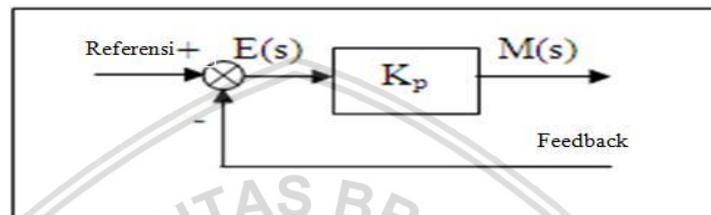
Kontroler dengan Kontrol Proporsional adalah sebuah kontrol yang memiliki karakteristik mempercepat respon. Secara lebih sederhana dapat dikatakan, bahwa keluaran kontrol proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukannya. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya. Hubungan antara keluaran kontrol $m(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak $e(t)$ ditunjukkan dalam persamaan 2.1.

$$m(t) = K_p e(t) \quad (2.1)$$

atau, dalam besaran transformasi Laplace ditunjukkan dalam persamaan 2.2

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \quad (2.2)$$

Di mana K_p adalah kepekaan proporsional atau penguatan. Apapun wujud mekanisme yang sebenarnya dan apapun bentuk daya penggerakannya, kontrol proporsional pada dasarnya merupakan penguat dengan penguatan yang dapat diatur (Ogata K., 1997). Diagram blok kontrol proporsional ditunjukkan dalam Gambar 2.10



Gambar 2.10 Diagram Blok Kontrol Proporsional (Ogata K., 1997).

2.8 PWM

Pulse Width Modulation (PWM) adalah salah satu jenis modulasi. Modulasi PWM dilakukan dengan cara mengubah lebar pulsa dari suatu pulsa data. Total 1 periode (T) pulsa dalam PWM adalah tetap, dan data PWM pada umumnya menggunakan perbandingan pulsa positif terhadap total pulsa. Pada sinyal PWM, frekuensi sinyal konstan sedangkan duty cycle bervariasi dari 0%-100%. Dengan mengatur duty cycle akan diperoleh output yang diinginkan. Duty cycle adalah besarnya sinyal kontrol yang diberikan pada plant.

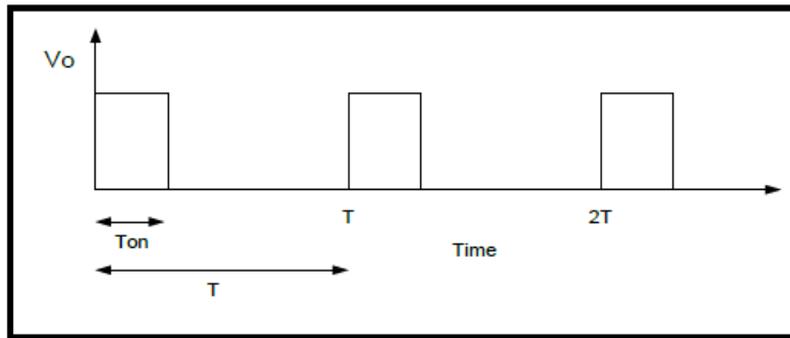
$$\text{Duty cycle} = T_{on}/T \times 100\% \quad (2.3)$$

dengan:

T_{on} = periode logika tinggi

T = periode keseluruhan

Sinyal PWM secara umum ditunjukkan dalam Gambar 2.11, dimana V_o adalah amplitudo.



Gambar 2.11 Sinyal PWM (Ardyani, F., 2013).

2.9 Variabel Kontrol

2.9.1 Suhu

Suhu atau temperatur adalah suatu besaran fisika yang menunjukkan derajat panas dari suatu benda atau lingkungannya. Pengukuran temperatur digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan temperatur/panas/suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu. Temperatur adalah besaran relatif, tergantung pada acuan yang digunakan. Berikut sifat fisika benda yang digunakan sebagai acuan pengukuran temperatur (Nugraha, 2016).

Tabel 2.2 Tabel acuan pengukuran temperatur

Acuan	Temperatur (°C)
Titik didih Hidrogen (H)	252.78
Titik didih Nitrogen (N)	195.81
Titik beku Air Raksa (Hg)	38.87
Titik beku Air (H ₂ O)	0
Titik didih Air (H ₂ O)	100
Titik didih Sulfur (S)	444.60
Titik cair Perak (Ag)	950.5
Titik cair Emas (Au)	106.3

2.9.2 Kelembaban

Kelembaban adalah konsentrasi uap air di udara. Angka konsentasi ini dapat diekspresikan dalam kelembaban absolut, kelembaban spesifik atau kelembaban relatif. Alat untuk mengukur kelembaban disebut higrometer. Sebuah humidistat digunakan untuk mengatur tingkat kelembaban udara dalam sebuah bangunan dengan sebuah pengawalembab (dehumidifier).Dapat dianalogikan dengan sebuah termometer dan termostat untuk suhu udara. Perubahan tekanan sebagian uap air di

udara berhubungan dengan perubahan suhu. Konsentrasi air di udara pada tingkat permukaan laut dapat mencapai 3% pada 30 °C (86 °F), dan tidak melebihi 0,5% pada 0 °C (32 °F).





BAB III

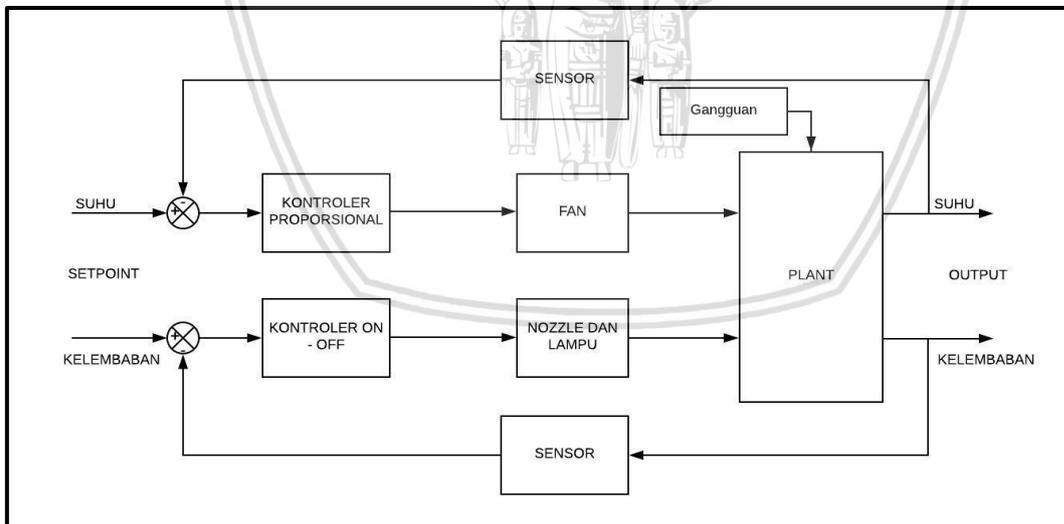
METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan informasi dengan tujuan dan manfaat tertentu. Dalam menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat di bab pendahuluan maka diperlukan langkah-langkah untuk menyelesaikan masalah tersebut. Metode penelitian pada skripsi ini meliputi:

1. Perancangan Diagram Blok.
2. Spesifikasi Desain.
3. Perancangan Alat.
4. Pengujian Komponen
5. Perancangan Algoritma Flowchart.

3.1 Perancangan Diagram Blok

Berdasarkan spesifikasi desain dan spesifikasi alat yang telah ditentukan sebelumnya, maka dapat dibuat diagram blok sistem yang dapat menjabarkan sistem secara garis besar. Diagram blok sistem dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Blok



Penjelasan Diagram Blok:

1. *Setpoint* adalah suhu dan kelembaban yang diinginkan dengan nilai 30°C dan 62 %
2. Kontroler yang digunakan yaitu Mikrokontroler berupa Arduino Uno.
3. *Plant* adalah objek fisik yang di kontrol dalam sistem berupa Inkubator.
4. Aktuator atau penggerak *plant* berupa Lampu Pemanas, *Nozzle*. dan Kipas 12v DC.
5. Sensor yang digunakan untuk kemiringan kapal adalah sensor SHT 11

3.2 Spesifikasi Desain

1. Rangka dari Inkubator dengan dimensi maksimum 50 cm x 30 cm x 30 cm dengan bahan dasar kayu jati.
2. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno pabrikan Arduino.
3. Pemrograman mikrokontroler Arduino Uno ditulis dalam bahasa C dan menggunakan Arduino IDE.
4. Aktuator yang digunakan adalah 1 unit Lampu pemanas 250 W, 2 buah Kipas 12 v DC, dan 1 *Nozzle*.
5. Sensor yang digunakan sebagai umpan balik sistem adalah SHT 11.

3.3 Perancangan Alat

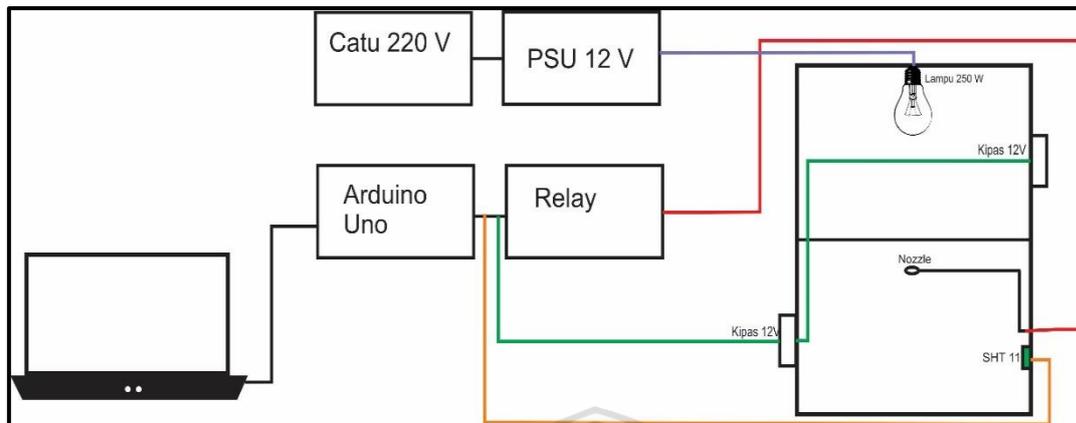
Perancangan ini bertujuan untuk menjelaskan cara kerja alat secara keseluruhan sehingga memudahkan dalam proses perancangan alat pengontrolan suhu dan kelembaban pada proses fermentasi pembuatan tempe. Sensor SHT 11 diletakan di dalam kotak inkubator yang akan membaca kondisi suhu dan kelembaban, kemudian memberikan sinyal informasi digital. *Output* sensor berupa informasi yang dapat langsung dikirim ke mikrokontroler arduino uno, kemudian diolah dan diproses menggunakan control *proporsional*. Pengontrolan suhu dan kelembaban pada proses fermentasi pembuatan tempe adalah 30°C dengan 52 % kelembaban, dengan memanfaatkan 1 lampu pijar 250 watt, 2 kipas DC 12V dan *nozzle*.

Apabila sensor SHT11 mendeteksi tingkat perubahan suhu yang tidak sesuai dengan setpoint, sensor akan mengirim sinyal ke mikrokontroler sehingga program pada mikrokontroler mulai dieksekusi, kemudian actuator yang dibutuhkan akan menyala sampai suhu mencapai *setpoint* yang diinginkan.

Kontroler Proporsional digunakan untuk mengontrol pada saat suhu dan kelembaban melebihi dari setpoint yang ditentukan dan mengeluarkan respon yang akan diterima oleh actuator untuk menjaga suhu dan kelembaban sesuai set point.

3.3.1 Desain Alat

Skema perancangan perangkat keras ditunjukkan pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Skema perancangan alat

Desain *prototype* alat pengontrol suhu dan kelembaban pada pembuatan tempe ini mempunyai spesifikasi, yaitu:

1. Dimensi tempat pengontrol suhu dan kelembaban berbentuk balok dengan panjang 50 cm, tinggi 30 cm, dan lebar 30 cm .
2. Pemanas suhu dengan menggunakan lampu 1 buah dengan daya 250 W disuplai oleh sumber tegangan AC 220 Volt.
3. Pembacaan suhu dan kelembaban menggunakan sensor SHT 11 yang disambungkan dengan Arduino uno sebagai masukan analog ke Kontroler P.
4. Pengontrolan Suhu digunakannya kontroler Proporsional.
5. Relay sebagai kontroler On – Off untuk lampu dan pompa untuk mengatur kelembaban.
6. Kontroler P digunakan untuk mengontrol suhu yang ada di dalam balok.

3.3.2 Perancangan perangkat lunak

a. Perancangan Program Bahasa C++ Pada Aduino

Pengunaan perangkat lunak pada alat ini menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan menggunakan *software* Arduino 1.8.2. Contoh listing program C++ pada *software* arduino terlihat pada Gambar 3.3.



```

Program_Skripsi | Arduino 1.8.5 (Windows Store 1.8.10.0)
File Edit Sketch Tools Help
Program_Skripsi
#include <Servo.h>
Servo A;
int servoPin = 11;
int pin13 = 13;
int INA = 7;
int INB = 8;
int PWM1 = 9;
int EN1 = 6;
int CS = 10;
int POT = A0;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode (POT, INPUT);
  pinMode (INA, OUTPUT);
  pinMode (INB, OUTPUT);
  pinMode (PWM1, OUTPUT);
  pinMode (EN1, OUTPUT);
  pinMode (CS, OUTPUT);
}

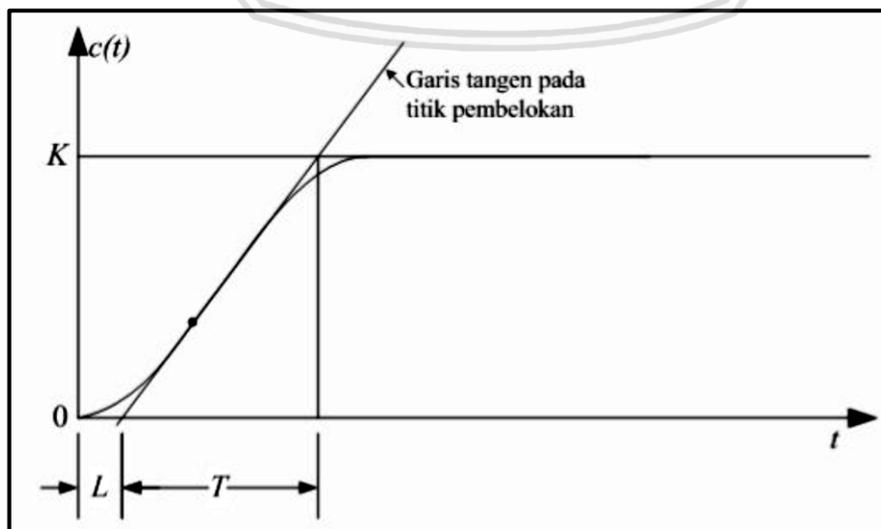
Done compiling.
Sketch uses 3776 bytes (11% of program storage space. Maximum is 32768 bytes.
Global variables use 249 bytes (12% of dynamic memory, leaving 1792 bytes free.
Arduino/Genuino Uno en COM8

```

Gambar 3.3 Listing Program Arduino

b. Penentuan Nilai Penguatan Kontroler

Untuk menentukan penguatan kontroler digunakan metode *Ziegler-Nichols* yang mengemukakan aturan-aturan untuk menentukan nilai dari gain proporsional K_p , waktu integral T_i , dan waktu derivative T_d berdasarkan karakteristik respon transien dari plant yang diberikan. Penentuan parameter kontroler PID atau penalaan kontroler PID tersebut dapat dilakukan dengan bereksperimen dengan *plan* (Ogata, K., 1997). Pada pengerjaan skripsi ini digunakalah metode *Ziegler-Nichols* yang pertama sehingga mendapatkan sinyal kurva S seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Kurva respon 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 tangen pada titik pembelokan dari kurva S, dan menentukan perpotongan antara garis tangen dengan sumbu waktu t dan sumbu $c(t) = K$.

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

1. Menarik garis tangen pada titik infleksi grafik karakteristik *open loop*.
2. Menentukan perpotongan garis *tangent* terhadap sumbu waktu t untuk mendapatkan L .
3. Menentukan perpotongan garis *tangent* terhadap sumbu *steady* untuk mendapatkan nilai T .
4. Setelah mendapatkan Nilai L dan T digunakan untuk menentukan nilai K_p , T_i dan T_d sesuai dengan Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Aturan Metode 1 Ziegler-Nichols (Ogata K., 1997)

Tipe Kontrol	K_p	τ_i	τ_d
P	$\frac{\tau}{L}$	∞	0
PI	$0,9 \frac{\tau}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2 \frac{\tau}{L}$	$2L$	$0,5L$

3.4 Pengujian Komponen

3.4.1 Pengujian sensor SHT 11

Tujuan pengujian sensor SHT11 bertujuan untuk mengetahui akurasi sensor SHT11 dengan cara membandingkan pembacaan suhu pada sensor dengan suhu yang terbaca pada termometer digital

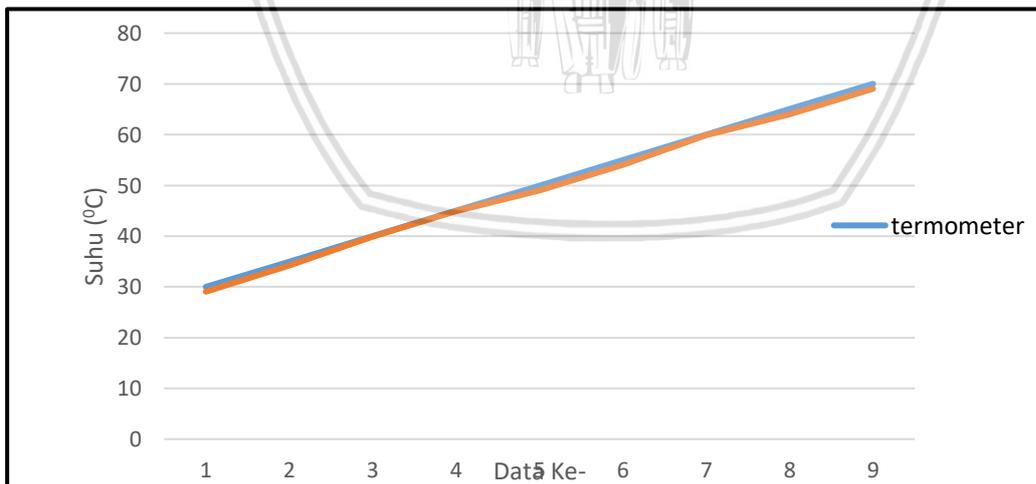
Langkah-langkah saat melakukan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Mengaktifkan lampu didalam Inkubator
2. Meletakkan termometer dan hygrometer berdekatan dengan sensor SHT11 yang berada didalam Inkubator.
3. Mengamati dan mencatat setiap perubahan suhu pada termometer dan sensor SHT11
4. Mengamati dan mencatat setiap perubahan kelembaban pada hygrometer dan sensor SHT11 yang terlihat pada Serial Monitor

Karakterisasi sensor suhu dilakukan dengan melakukan perbandingan hasil pembacaan suhu menggunakan sensor dan hasil pembacaan menggunakan termometer. Hasil pengujian sensor SHT11 ditunjukkan dalam Tabel 3.2. Didapatkan grafik linear antara sensor suhu dengan termometer seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.5.

Tabel 3.2 Hasil Pengujian Suhu Sensor SHT11

No	Suhu Pembacaan termometer digital (°C)	Suhu Pembacaan sensor SHT11 (°C)	Error
1	30	29,05	0,95
2	35	34,23	0,77
3	40	39,87	0,13
4	45	44,90	0,10
5	50	49,02	0,98
6	55	54,04	0,96
7	60	59,90	0,10
8	65	64,02	0,98
9	70	69,02	0,98
Rata-rata error			0,661



Gambar 3.5 Grafik Pengujian Sensor SHT 11

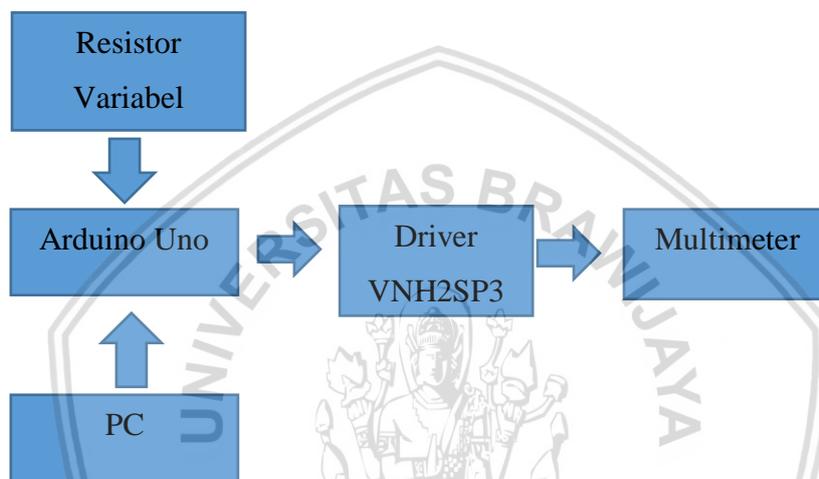
3.4.2 Pengujian Driver VNH2SP30

Tujuan pengukuran driver ini untuk mengetahui apakah driver bisa bekerja saat diberi masukan berupa pwm oleh mikrokontroler dan keluarannya sesuai dengan perancangan sistem yang dibuat. Peralatan yang dibutuhkan untuk pengujian ini adalah:

1. Driver VNH2SP30
2. Mikrokontroler Arduino Uno
3. Multimeter
4. Laptop
5. Resistor Variabel

Langkah-langkah saat melakukan karakterisasi pengujian adalah sebagai berikut :

1. Mengatur resistor variabel agar PWM dapat berubah sesuai yang diinginkan.
2. Mengamati dan mencatat setiap perubahan nilai tegangan keluaran pada multimeter.



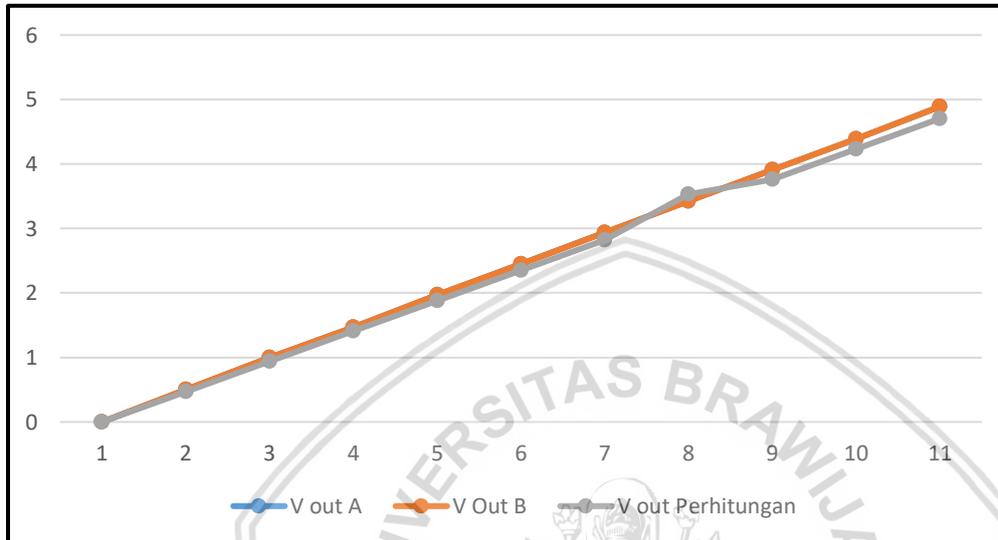
Hasil dari pengujian Driver ini adalah pada table 3.3.

Tabel 3.3 Hasil pengujian driver VNH2SP30

No	In PWM A	In PWM B	V out A	V out B	V out perhitungan	Error
1	0	0	0	0	0	0
2	10	10	0.5	0.5	0.47	0.03
3	20	20	1	1	0.941	0.059
4	30	30	1.47	1.47	1.411	0.059
5	40	40	1.97	1.97	1.882	0.088
6	50	50	2.45	2.45	2.352	0.098
7	60	60	2.94	2.94	2.823	0.117
8	70	70	3.42	3.42	3.529	-0.109
9	80	80	3.91	3.91	3.764	0.146

10	90	90	4.39	4.39	4.235	0.155
11	100	100	4.89	4.89	4.705	0.185
					Rata- rata	0.0745

Didapatkan grafik linear antara V out A dengan V out B seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Grafik pengujian Driver VNH2SP30

Berdasarkan hasil pengujian dalam Tabel 3.2, error antara perhitungan secara praktek dan teori adalah sekitar 0,0745 °C. Grafik perbandingan pengujian teori dan praktik hasil penghitungan dan acuan dengan serial monitor dapat dilihat dalam Gambar 3.6.

3.4.3 Penentuan Karakteristik Plant

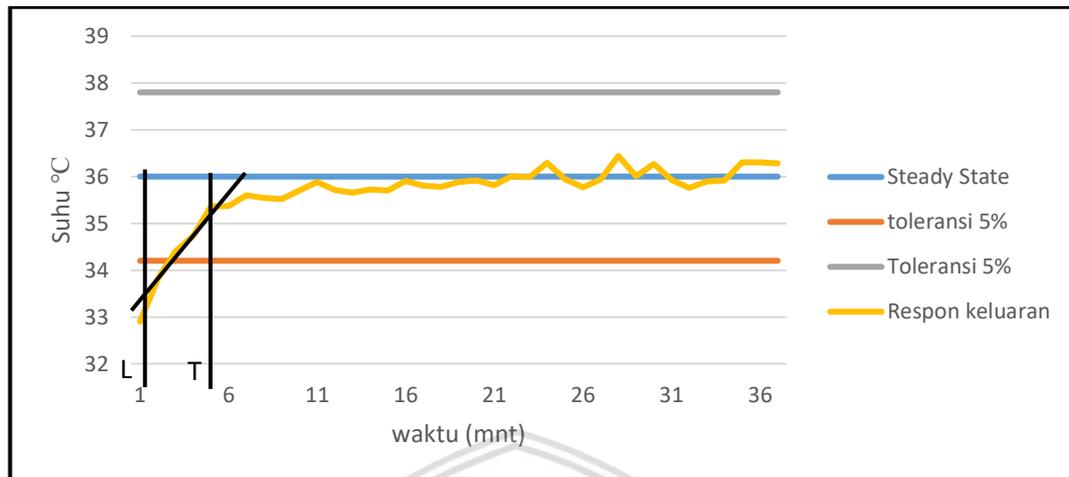
Peralatan yang digunakan untuk mengetahui karakteristik *plant* adalah sebagai berikut:

1. Laptop
2. Kabel penghubung
3. Arduino UNO R3
4. *Plant* berupa *box*.
5. Kipas.
6. Sensor suhu dan kelembaban SHT 11.

Langkah-langkah saat melakukan karakteristik *plant* adalah sebagai berikut:

1. Menghubungkan laptop dengan Arduino UNO R3.
2. Menghubungkan arduino ke sensor, driver kipas dan lampu.
3. Beri catu 12 Volt untuk kipas.

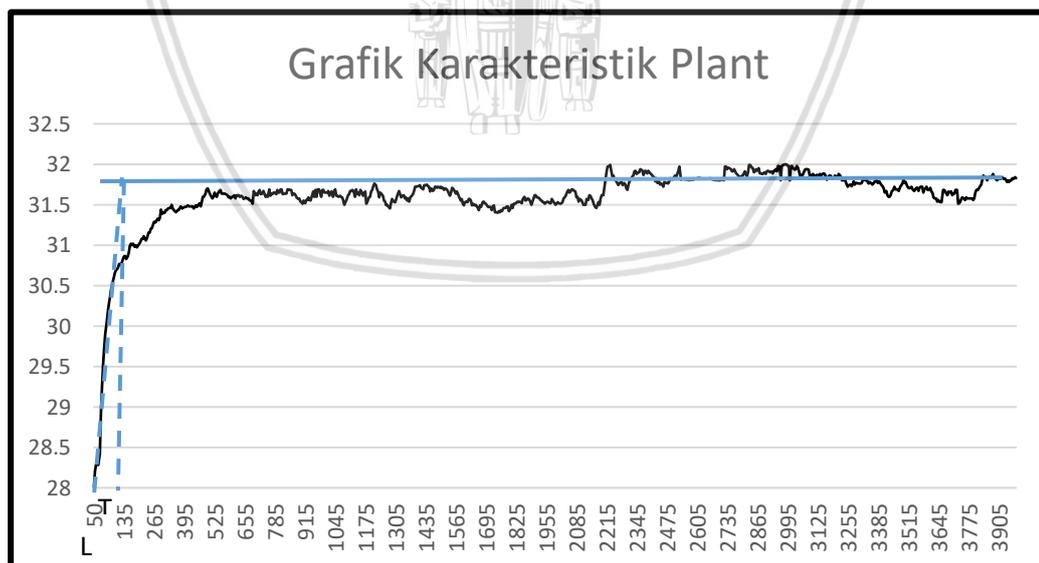
4. Setelah semua terhubung upload program dari laptop ke Arduino.
5. Hasil akan di tampilkan pada *serial monitor*.



Gambar 3.7 Grafik karakteristik memenuhi syarat *Ziegler-Nichols*

3.4.4 Penentuan Nilai KP

Untuk memenuhi tujuan performansi *loop* yang di inginkan, maka perlu ditambahkan kontroler pada sistem tersebut. Kontroler yang dipilih adalah kontroler *Proporsional* (P). Parameter kontrol P didapatkan dengan menggunakan metode *Ziegler-Nichols* dimana *plant* dirancang secara *open loop* dan diberi PWM masukan ke plant. Penentuan nilai KP didapatkan hasil seperti dalam gambar 3.8 :



Gambar 3.8 Grafik Penentuan Kp

Dari respon *plant* pada gambar 3.8, didapatkan nilai :

L : 50 detik

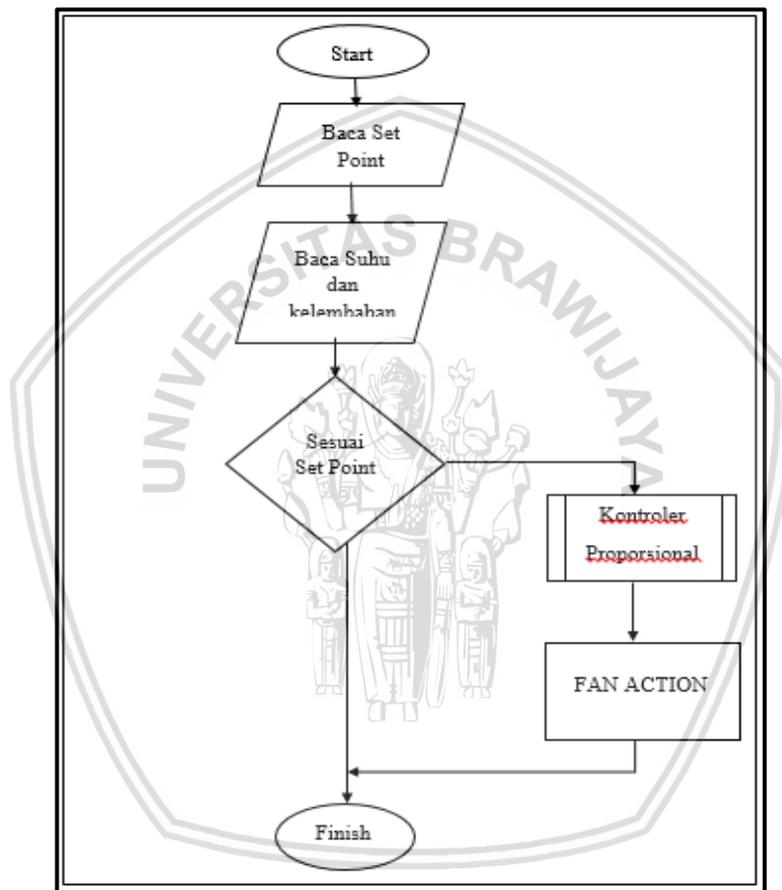
T : 132 detik

Maka :

$$Kp = \frac{T}{L} = \frac{132}{50} = 2.64$$

3.5 Flowchart Program Utama

Program diawali dengan inisialisasi masing-masing variable. Flowchart program utama ditunjukkan dalam Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Flowchart Program Utama

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dilakukan dengan melakukan pengujian sistem secara menyeluruh dan membandingkan hasil dengan proses manual. Pengujian sistem secara menyeluruh dilakukan untuk menguji apakah sistem hasil perancangan sesuai dengan spesifikasi perancangan serta mengetahui hasil responnya.

4.1 Pengujian Sistem Tanpa Gangguan

A. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui respon sistem secara *closed loop*

B. Peralatan yang digunakan

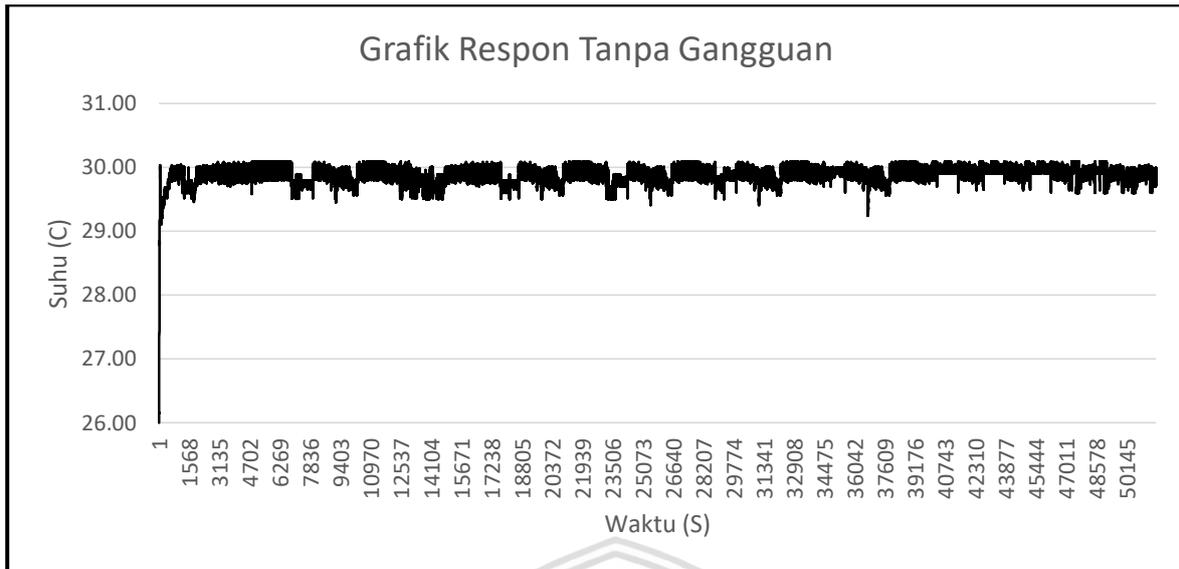
1. Inkubator desain sendiri
2. Arduino UNO
3. Sensor SHT 11
4. FAN DC 12 V
5. Driver dan Relay
6. Lampu 250 W
7. Power Suply 12 V
8. Laptop

C. Prosedur pengujian

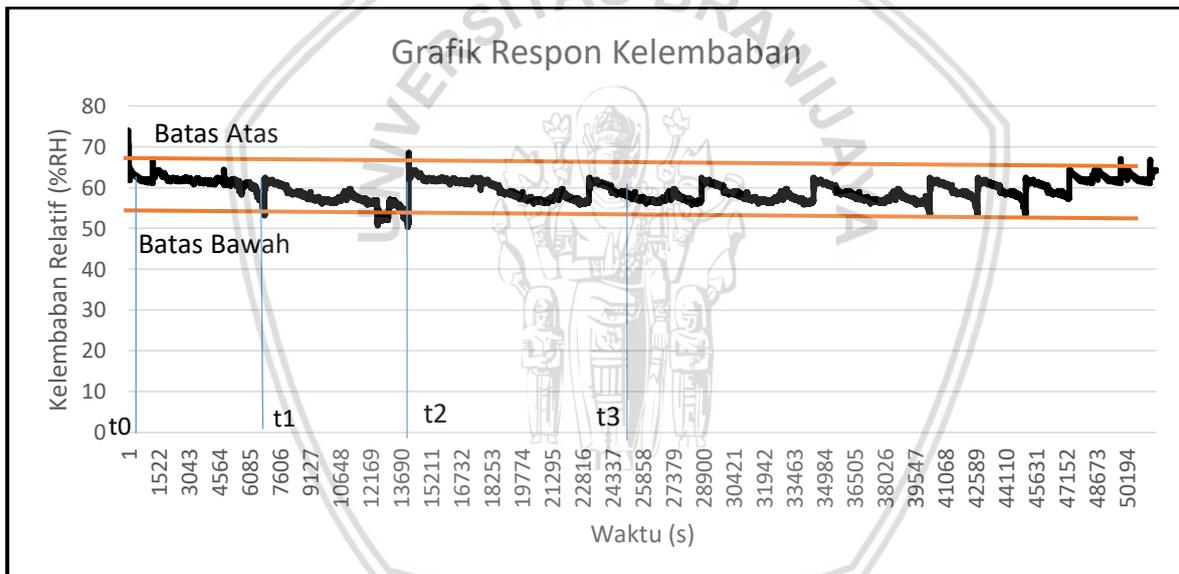
1. Menyusun Rangkaian
2. Masukkan nilai $kp = 2.64$, *setpoint* suhu : 30 °C dan kelembaban : 62 %
3. Mengamati keluaran suhu dan kelembaban pada *serial* monitor
4. Merekam keluaran suhu dan kelembaban pada serial monitor dan mengubah menjadi bentuk grafik terhadap waktu

D. Hasil pengujian dan pembahasan

Setelah melakukan prosedur pengujian dan didapatkan respon kontroler suhu dan kelembaban pada plant. Grafik hasil respon kontroler suhu seperti pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Grafik Respon suhu tanpa gangguan



Gambar 4.2 Grafik respon kelembaban tanpa gangguan

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar 4.1 grafik respon sistem keseluruhan, diperoleh kinerja sistem antara lain :

Tabel 4.1 Hasil pengujian sistem tanpa gangguan

Setpoint (°C)	Delay Time (detik)	Rise Time (Detik)	Settling time (detik)	Error <i>steady state</i>
30	63	80	120	0.0011

Gambar 4.2 merupakan grafik respon kontroler (*on-off*) dengan *nozzle*. Pada t_0 terjadi penurunan nilai kelembaban udara relatif akibat cahaya yang dipancarkan lampu saat menyala membuat kandungan air pada perangkat di dalam *plant* menguap sehingga

membuat kelembaban meningkat lalu menghilang karena penguapan akibat suhu yang meningkat. Pada t_1 merupakan nilai kelembaban udara relatif pada saat nilai 55%RH maka aktuator akan menyala dan *nozzle* menyembrot air hingga kelembaban udara relatif lebih tinggi.

Pada titik t_2 merupakan dimana nilai kelembaban mulai naik karena air yang disemprotkan menguap sehingga menjadi uap air. pada titik t_3 merupakan titik dimana kelembaban sudah mencapai 62%RH sehingga *nozzle* akan *off*.

4.2 Pengujian Sistem dengan gangguan suhu panas

A. Tujuan

Pengujian keseluruhan sistem dengan gangguan dilakukan untuk menguji respon dari *plant* saat diberi gangguan.

B. Peralatan yang dibutuhkan

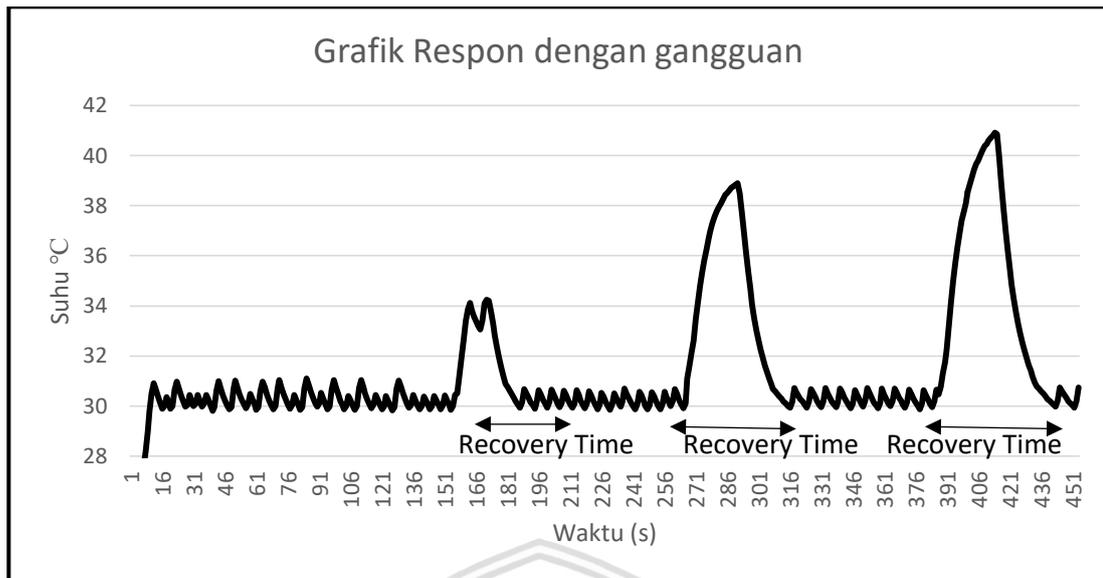
1. Inkubator desain sendiri
2. Arduino UNO
3. Sensor SHT 11
4. FAN DC 12 V
5. Driver dan Relay
6. Lampu 250 W
7. Power Suply 12 V
8. Laptop
9. Hair dryer

C. Langkah Pengujian

1. Menyusun Rangkaian
2. Atur nilai $kp = 2.64$, *setpoint* suhu : 30 °C dan kelembaban : 62 %
3. Mengamati keluaran suhu dan kelembaban pada *serial* monitor
4. Pada saat respon keluaran sudah mencapai steady state diberi gangguan berupa suhu panas yg diberikan oleh hairdryer.
5. Merekam keluaran suhu dan kelembaban pada serial monitor dan mengubah menjadi bentuk grafik terhadap waktu

D. Hasil pengujian dan pembahasan

Setelah melakukan prosedur pengujian dan didapatkan respon kontroler suhu dan kelembaban pada *plant*. Grafik hasil respon kontroler suhu seperti pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik Respon Dengan Gangguan

Berdasarkan hasil pengujian dari keseluruhan sistem dengan nilai *setpoint* yang diberi gangguan didapatkan rata – rata nilai recovery time sebesar 49 detik, semakin tinggi suhu gangguannya semakin lama pula nilai recovery time nya.

Tabel 4.2 Hasil pengujian dengan gangguan

Setpoint (°C)	Recovery Time			Rata – rata Offset
	Suhu 1 detik	Suhu 2 detik	Suhu 3 Detik	
30	30	45	70	0.088%

4.3 Pengujian Sistem dengan gangguan Suhu yang berubah

A. Tujuan

Pengujian keseluruhan sistem dengan gangguan dilakukan untuk menguji respon dari *plant* saat diberi gangguan.

B. Peralatan yang dibutuhkan

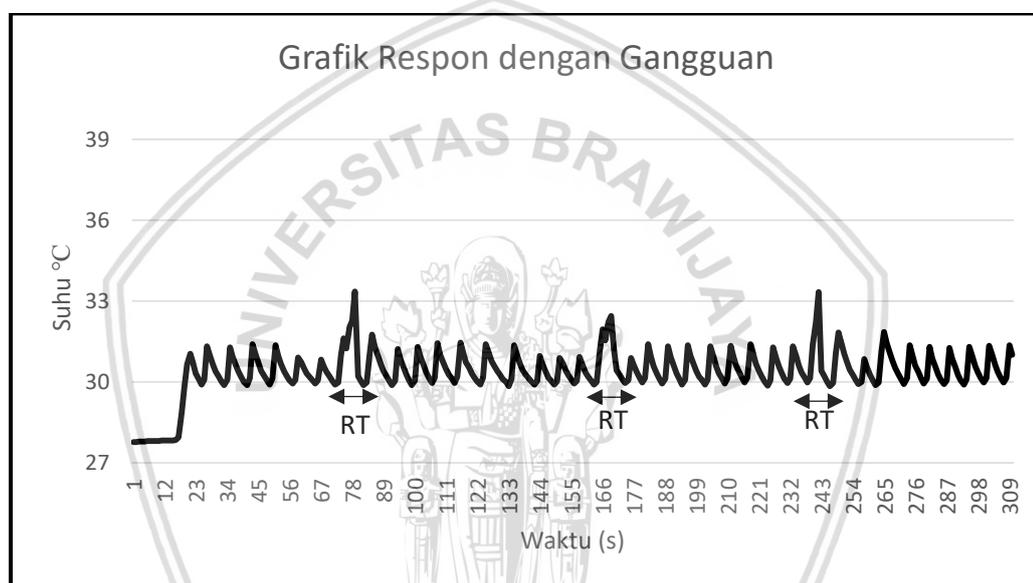
1. Inkubator desain sendiri
2. Arduino UNO
3. Sensor SHT 11
4. FAN DC 12 V
5. Driver dan Relay
6. Lampu 250 W
7. Power Suply 12 V
8. Laptop

C. Langkah Pengujian

1. Menyusun Rangkaian
2. Atur nilai $kp = 2.64$, *setpoint* suhu : 30 °C dan kelembaban : 62 %
3. Mengamati keluaran suhu dan kelembaban pada *serial* monitor
4. Pada saat respon keluaran sudah mencapai steady state diberi gangguan dengan cara membuka tutup pintu inkubator.
5. Merekam keluaran suhu dan kelembaban pada serial monitor dan mengubah menjadi bentuk grafik terhadap waktu

D. Hasil pengujian dan pembahasan

Setelah melakukan prosedur pengujian dan didapatkan respon kontroler suhu dan kelembaban pada plant. Grafik hasil respon kontroler suhu seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Respon Dengan Gangguan 2

Tabel 4.3 Hasil pengujian dengan Gangguan

Setpoint (°C)	Recovery Time			Rata – rata Offset
	Suhu 1 detik	Suhu 2 detik	Suhu 3 Detik	
30	10	11	7	0.088%

Berdasarkan hasil pengujian dengan membuka tutup pintu inkubator, pada Gambar 4.3 dan Tabel 4.3 didapatkan rata – rata nilai recovery time 11.67 detik lebih cepat dibandingkan dengan gangguan yang diberi gangguan suhu panas dari *hairdryer*.

4.4 Pengujian sistem dengan kedelai siap fermentasi

A. Tujuan

Pengujian keseluruhan sistem dengan gangguan dilakukan untuk menguji respon dari *plant* saat diberi gangguan.

B. Peralatan yang dibutuhkan

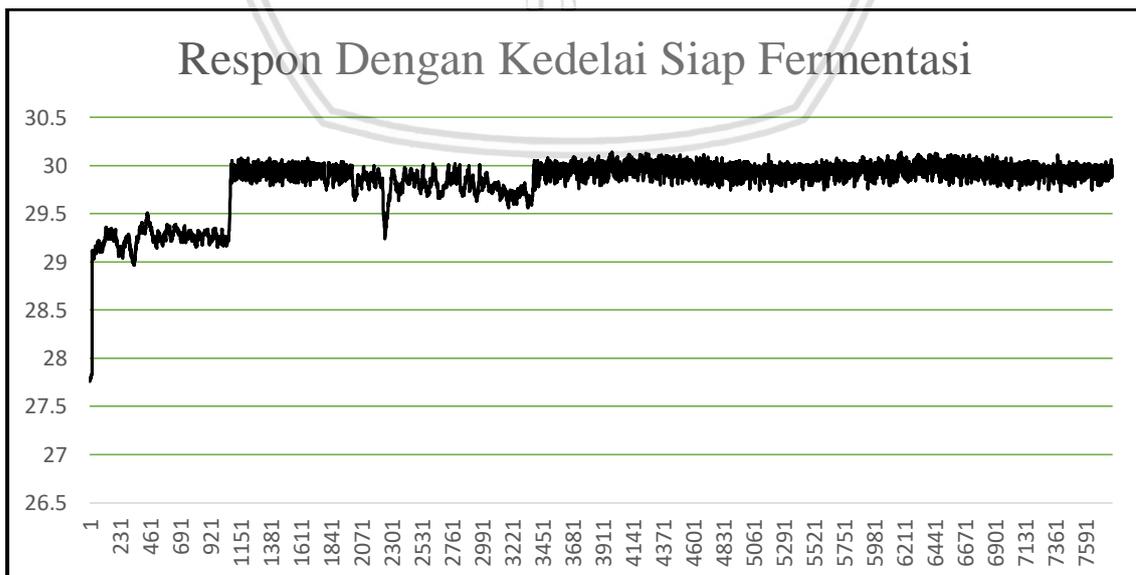
1. Inkubator desain sendiri
2. Arduino UNO
3. Sensor SHT 11
4. FAN DC 12 V
5. Driver dan Relay
6. Lampu 250 W
7. Power Suply 12 V
8. Laptop
9. Kedelai yang sudah diproses dan siap fermentasi

C. Langkah Pengujian

1. Menyusun Rangkaian
2. Atur nilai $k_p = 2.65$, *setpoint* suhu : 30 °C dan kelembaban : 62 %
3. Mengamati keluaran suhu dan kelembaban pada *serial* monitor
4. Merekam keluaran suhu dan kelembaban pada serial monitor dan mengubah menjadi bentuk grafik terhadap waktu

D. Hasil pengujian dan pembahasan

Setelah melakukan prosedur pengujian dan didapatkan respon kontroler suhu dan kelembaban pada *plant*. Grafik hasil respon kontroler suhu seperti pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik Respon Sistem Dengan Kedelai Siap Fermentasi

Pada pengaplikasiannya dapat dilihat seperti berikut perbandingan antara fermentasi tempe menggunakan kontroler dan konvensional pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Perbandingan hasil Pengujian

Menggunakan Inkubator	Penjelasan	Tidak menggunakan inkubator	Penjelasan
	Kedelai yang siap fermentasi dimasukkan ke dalam inkubator		Kedelai yang siap fermentasi tidak dimasukkan ke inkubator dan menerima suhu yang berubah-ubah
 Setelah 6 jam	Kedelai mulai berembun dan pembentukan kapang jamur sudah berjalan	 Setelah 6 jam	Kedelai belum berembun dan masih belum terlihat pembentukan kapang jamur
 Setelah 24 Jam	Sudah berbentuk tempe dan siap dikonsumsi	 Setelah 24 Jam	Tempe masih belum terbentuk sempurna

	<p>Perbandingan Hasil dari proses pembuatan tempe tanpa alat dan dengan alat</p>		<p>Beberapa tempe yang tidak menggunakan inkubator gagal diproduksi dan tidak layak dikonsumsi</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan berbagai macam pengujian dan analisis data yang telah didapat selama pengujian berlangsung, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perancangan perangkat keras (sensor SHT 11, Lampu 250 W, Kipas 12 V DC) dengan kontroler Proporsional yang telah dibuat dapat berfungsi dengan baik, dimana mampu mengontrol suhu dan kelembaban didalam inkubator sesuai dengan setpoint, meskipun diberikan gangguan dengan suhu yang berbeda dari suhu ruang didalam incubator.
2. Berdasarkan pencarian dengan metode *Ziegler-Nichols* didapatkan nilai $K_p = 2.64$
3. Kelembaban bisa dijaga dengan kontroler On – off
4. Setelah dilakukan pengujian dengan kedelai siap fermentasi, berjalan sesuai harapan, dan tempe jadi lebih cepat dibandingkan yang tidak menggunakan alat inkubator pengontrol suhu dan kelembaban dengan nilai error *steady state* kurang dari toleransi 2 %.

5.2 Saran

Berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya yaitu dengan mengganti relay pada lampu dengan dimmer atau lainnya untuk mengatur lampu agar bisa disesuaikan terang redupnya cahaya saat dilakukan proses fermentasi, atau mungkin diganti dengan metode yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

Astawan, M. 2003. *Tetap Sehat dengan Produk Makanan Olahan*. PT. Tiga Serangkai Pustaka Mandiri. Solo

Kasmidjo. 1990. *Tempe, Mikrobiologi dan Biokimia Pengolahan serta Pemanfaatannya*. Semarang: Soegijapranata Press

Modul Praktikum Sistem Kontrol. *Praktikum Sistem Kontrol Dasar*. Malang: Laboratorium Sistem Kontrol Teknik Kontrol Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Muchtadi, D. 1989. *Petunjuk Laboratorium Evaluasi Nilai Gizi Pangan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Ogata, K. 2010. *Teknik Kontrol Automatik*. Jakarta: Erlangga.

Ogata, Katsuhiko, *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*. 1994, Erlangga: Jakarta.

Setiadi. 2002. *Kepekaan Terhadap Pengolahan Pangan*. Pusat Dinamika Pembangunan UNPAD, Bandung

Setiawan, Andik. 2009. *Desain Alat Sistem Kontrol Suhu Dan Kelembaban Untuk Optimasi Proses Pembuatan Tempe Pada Skala Industri Rumah Tangga., 2*

Modul Praktikum Sistem Kontrol. *Praktikum Sistem Kontrol Dasar*. Malang: Laboratorium Sistem Kontrol Teknik Kontrol Teknik Elektro Universitas Brawijaya