

**PENGENDALIAN TEMPERATUR PADA PROSES PENGERINGAN GABAH
MENGUNAKAN ALAT *ROTARY DRYER* BERBASIS MIKROKONTROLER
ARDUINO UNO**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK KONTROL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



AFRIANDIKA BRILLIAN DIANTA
NIM. 115060305111002

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2016

RINGKASAN

Afriandika Brillian Dianta, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2015, *Pengendalian Temperatur pada Proses Pengeringan Gabah Menggunakan Alat Rotary Dryer Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno*, Dosen Pembimbing : Purwanto dan Rahmadwati.

Salah satu kendala yang di hadapi petani dalam pengolahan padi pasca panen adalah proses pengeringan. Hal ini disebabkan pengeringan gabah dengan cara tradisional, yaitu dengan pengeringan gabah di bawah sinar matahari. Hambatan muncul selama musim hujan, karena gabah akan di keringkan lagi dan ini dapat menyebabkan serangan serangga atau jamur.

Dalam skripsi ini Arduino Uno diaplikasikan sebagai alat pengontrol suhu yang diharapkan dapat mengatasi permasalahan pada proses pengeringan gabah. Gabah dianggap kering jika memenuhi standar kadar air (SNI) 13%-14%RH. Pengendalian ini dilakukan pada *setpoint* 50°C dan 60°C.

Proses perancangan kontroler PID pada aplikasi ini menggunakan metode *Ziegler – Nichlos I*. Dari perhitungan didapatkan nilai parameter $K_p= 7,45$, $K_i= 0,26$ dan $K_d= 52,15$. Dari pengujian *setpoint* 50°C pada pukul 14.00 WIB dan 20.00 WIB didapatkan *settling time* masing-masing adalah 801 detik dan 975 detik. Pengujian *setpoint* 60°C pada pukul 14.00 WIB dan 20.00 WIB didapatkan *settling time* masing-masing adalah 840 detik dan 1095 detik. Nilai *error steady state* pada *setpoint* 50°C pukul 14.00 WIB dan 20.00 WIB masing-masing adalah 0,2096% dan 0,2899%. Nilai *error steady state* pada *setpoint* 60°C pukul 14.00 WIB dan 20.00 WIB masing-masing adalah 0,4909% dan 0,4506%.

Kata kunci : *Rotary Dryer*, Pengeringan Gabah, Kontroler PID

SUMMARY

Afriandika Brillian Dianta, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering University of Brawijaya, December 2015, *Control Temperature on Grain Drying Process Using Rotary Dryer based Microcontroller Arduino Uno*, Academic Supervisor : Purwanto dan Rahmadwati.

One of the problems faced by farmers in postharvest processing is drying process. It is caused the farmers still use conventional method, that is by utilizing sunlight for drying. However, if rainy season come, another problem also come such as air humidity that lead the grain to got parasit or fungal attack.

In this research, Arduino Uno is applied as a temperature controller which is expected to solve problems on the process of grain drying. Grain considered dry based on rate of water in grain Indonesian National Standart (SNI) around 13% -14% RH. The temperature for drying the grain was set on setpoint 50°C dan 60°C.

PID controller design process in this application using Ziegler - Nichlos I.. The results from calculation, found that the value of the parameter Kp, Ki and Kd are 7.45; 0.26 and 52.15 respectively. When the setpoint is 50°C at 14.00 WIB and 20.00 WIB the *settling time* obtained 801 second and 975 second. Continually, the temperature is set on setpoint 60°C at 14.00 WIB and 20.00 WIB the *settling time* obtained 840 second and 1095 second. *Error steady state* value when setpoint is 50°C at 14.00 WIB and 20.00 WIB each test get 0,2096% and 0,2899%. *Error steady state* value when setpoint is 60°C at 14.00 WIB and 20.00 WIB each test get 0,4909% and 0,4506%.

Keywords : Rotary Dryer, Drying rice, Controler PID

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
DAFTAR SIMBOL	viii
RINGKASAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 Teori proses pengeringan gabah.....	4
2.1.1 Proses pengeringan.....	4
2.1.2 Gabah.....	6
2.1.3 Kadar air.....	6
2.1.4 Temperatur udara pengering.....	7
2.2 Sensor Suhu SHT11.....	7
2.3 Mikrokontroler Arduino UNO.....	9
2.3.1 Catu Daya.....	11
2.3.2 Memori.....	12
2.3.3 <i>Input & output</i>	12
2.3.4 Komunikasi.....	13
2.3.5 <i>Programming</i>	13
2.3.6 Perangkat Lunak (Arduino IDE).....	13
2.3.7 <i>Otomatis Software Reset</i>	14
2.4 Motor DC.....	14

2.5 Kontroler.....	15
2.6 Kontroler PID (Proporsional Integral Differensial).....	16
2.6.1 Kontroler Proporsional	16
2.6.2 Kontroler Integral.....	16
2.6.3 Kontroler Diferensial	18
2.6.4 Kontroler Proporsional Integral Differensial (PID).....	18
2.6.5 Metode Tuning PID.....	19
2.7 LCD	22
2.8 Rangkaian <i>Dimmer</i>	23
2.9 Rangkaian TRIAC.....	23
3.1 Rangkaian <i>Zero Cross Detector</i>	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Studi Literatur	25
3.2 Perancangan Alat	26
3.2.1 Pembuatan Perangkat Keras.....	26
3.2.2 Perancangan Perangkat Lunak.....	26
3.3 Pengujian Alat	26
3.4 Pengambilan Kesimpulan dan Saran	27
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	28
4.1 Perancangan Sistem	28
4.2 Diagram Blok Sistem	28
4.3 Spesifikasi Alat.....	29
4.4 Prinsip Kerja Sistem.....	30
4.5 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	30
4.5.1 Sensor SHT 11.....	30
4.5.2 Rangkaian Driver Pemanas dengan Sumber AC	31
4.5.3 Rangkaian Catu Daya	31
4.5.4 Rangkaian <i>Relay</i> Motor Kipas dan Motor DC	32
4.6 Perancangan Algoritma Kontroler PID.....	33
4.7 Modul Arduino UNO.....	36
4.8 Perancangan Perangkat Lunak.....	38

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM..... 39

5.1 Pengujian Sensor SHT 11 39

5.2 Pengujian Penulutan TRIAC. 41

5.2.1 Peralatan yang digunakan. 41

5.2.2 Prosedur Pengujian. 41

5.2.3 Hasil Pengujian 42

5.3 Pengujian Rangkaian *Dimmer*. 46

5.3.1 Peralatan yang digunakan. 46

5.3.2 Prosedur Pengujian. 47

5.4 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem 48

5.2 Pengujian Hasil Kadar Air pada Gabah. 52

BAB VI PENUTUP 53

6.1 Kesimpulan 53

6.2 Saran 54

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Sensor Suhu SHT 11	7
Gambar 2.2	Blok Diagram pada chip SHT 11	8
Gambar 2.3	<i>Typical application circuit</i> SHT 11	9
Gambar 2.4	<i>Board</i> Arduino UNO	10
Gambar 2.5	Motor DC	15
Gambar 2.6	Diagram Blok Kontroler Proporsional	16
Gambar 2.7	Diagram Blok Kontroler Integral	17
Gambar 2.8	Diagram Blok Kontroler Diferensial	18
Gambar 2.9	Diagram Blok Kontroler PID	19
Gambar 2.10	Kurva Respon <i>Unit Step</i> yang menunjukkan <i>25% Max Overshoot</i>	19
Gambar 3.1	Respon Plan Terhadap Masukan Berupa <i>Unit Step</i>	20
Gambar 3.2	Respon Plan berbentuk S.....	20
Gambar 3.3	Sistem Loop Tertutup dengan Kontroler Proporsional	22
Gambar 3.4	Osilasi Berkesinambungan dengan Periode Pcr	22
Gambar 3.5	Bentuk LCD 16*2	23
Gambar 3.6	<i>AC Dimmer Module Lite(v1.1)</i>	23
Gambar 4.1	Diagram Blok Sistem	28
Gambar 4.2	Skema Alat	29
Gambar 4.3	Rangkaian Sensor SHT 11	30
Gambar 4.4	Skema Rangkaian <i>Dimmer</i>	31
Gambar 4.5	Modul Rangkaian <i>Dimmer</i>	31
Gambar 4.6	<i>Power supply</i> simetris	32
Gambar 4.7	<i>Relay Motor</i>	29
Gambar 4.8	Kurva Respon yang Berbentuk S	33
Gambar 4.9	Karakteristik respon PWM	30
Gambar 4.10	Aturan Metode 1 <i>Ziegler-Nichols</i>	34
Gambar 5.1	Modul Arduino UNO	36
Gambar 5.2	<i>Flowchart</i> Program	31
Gambar 5.3	Perbandingan Suhu Sensor SHT 11 terhadap termometer digital	41
Gambar 5.4	Rangkaian Pengujian sudut Penyalaan TRIAC	42

Gambar 5.5 Bentuk Gelombang Keluaran44

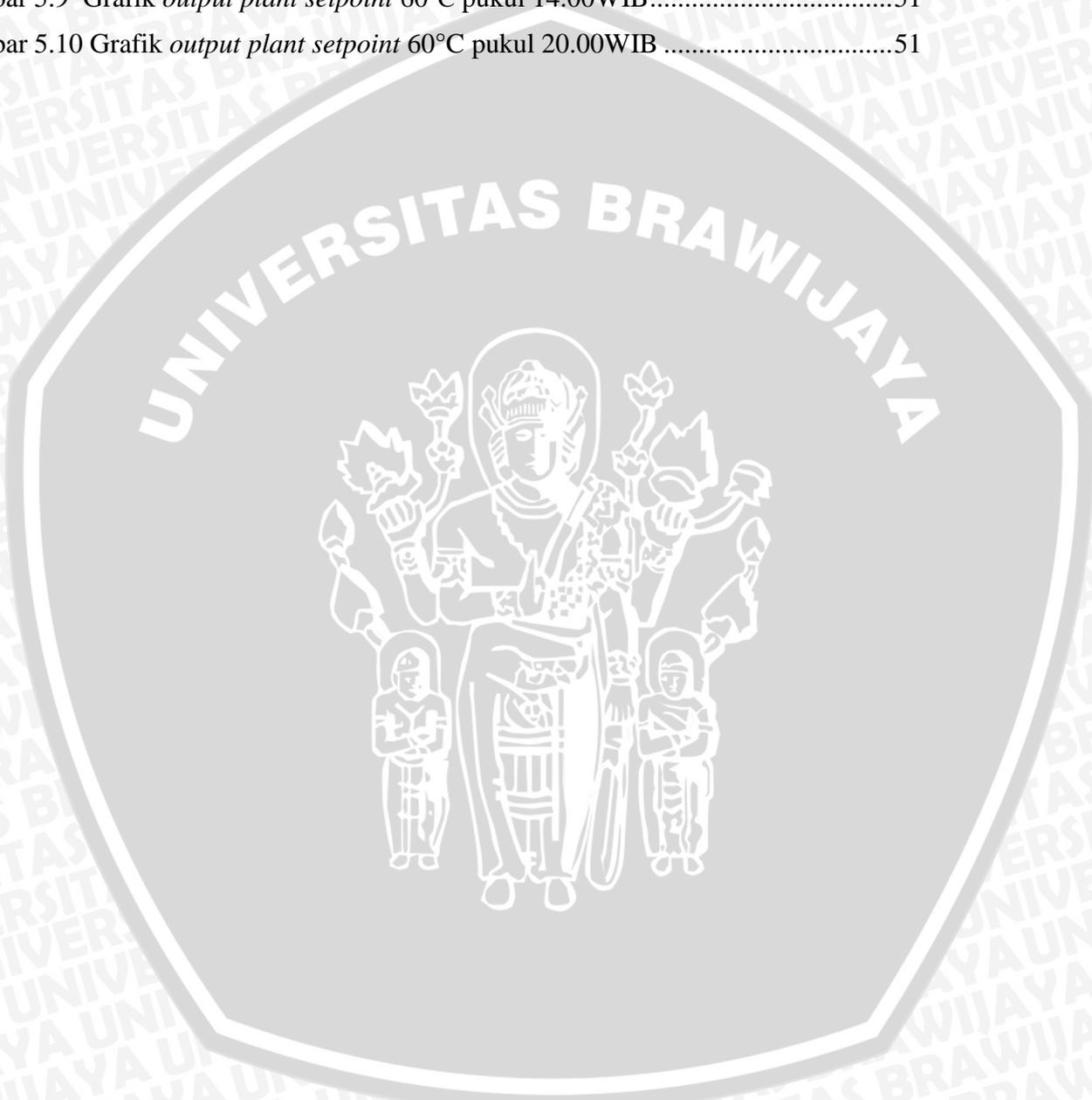
Gambar 5.6 Grafik Pencarian Parameter PID dengan Metode Ziegler-Nichols48

Gambar 5.7 Grafik *output plant setpoint* 50°C pukul 14.00WIB50

Gambar 5.8 Grafik *output plant setpoint* 50°C pukul 20.00WIB50

Gambar 5.9 Grafik *output plant setpoint* 60°C pukul 14.00WIB.....51

Gambar 5.10 Grafik *output plant setpoint* 60°C pukul 20.00WIB51



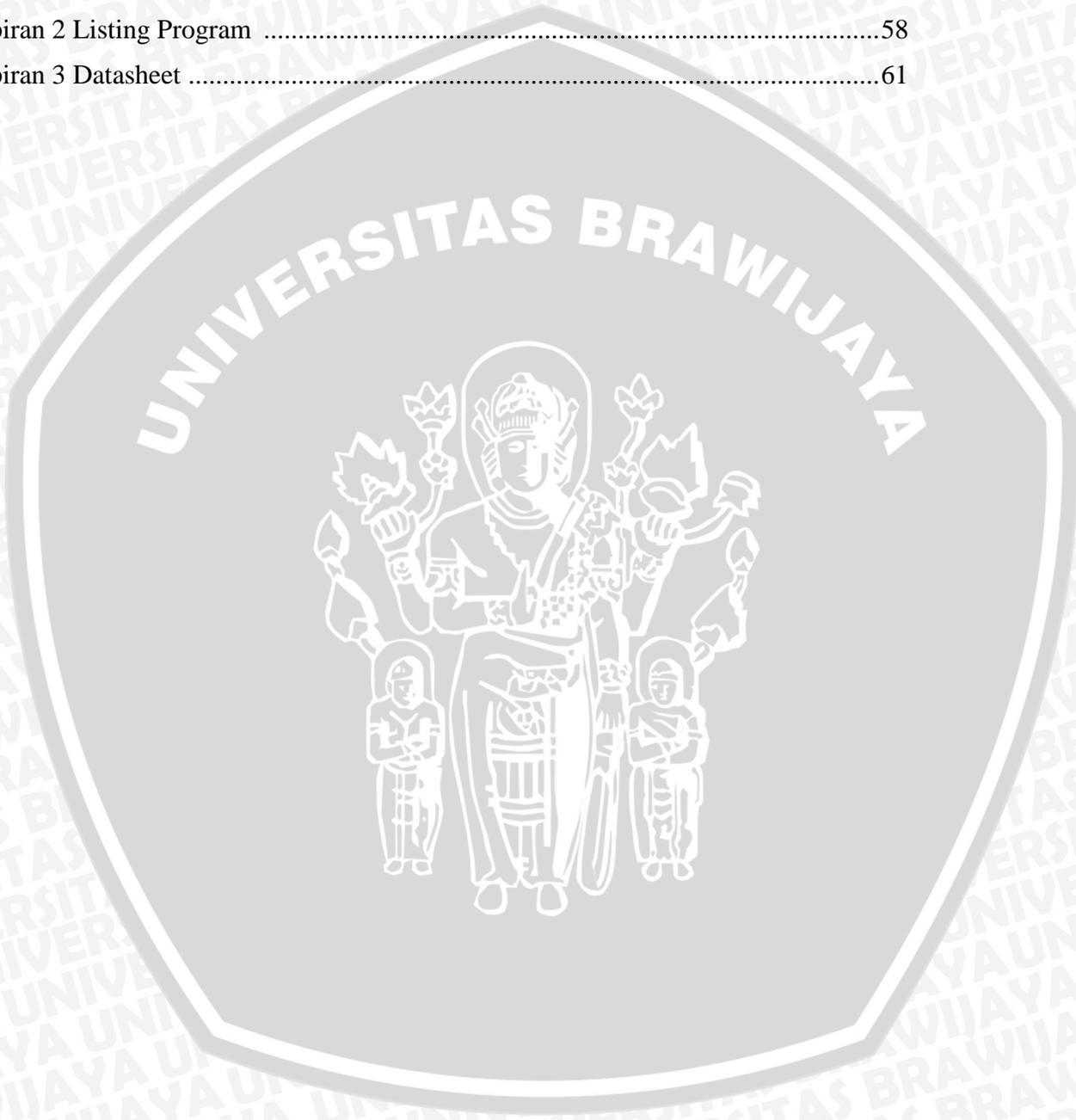
DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Spesifikasi SHT 11	8
Tabel 2.2	Pin Sensor SHT 11	9
Tabel 2.3	Deskripsi Arduino Uno	10
Tabel 2.4	Aturan Penalaan <i>Ziegler-Nichols</i> berdasarkan respon Unit Step dari plan	21
Tabel 2.5	Aturan Dasar <i>Ziegler-Nichols</i> berdasarkan <i>Critical Gain Ker</i>	22
Tabel 2.6	Fungsi Pin Arduino Uno	37
Tabel 2.7	Hasil Pengujian Sensor Suhu	40
Tabel 2.8	Hasil Pengujian Sudut Penyalaan TRIAC	44
Tabel 2.9	Kesalahan Pengujian Sudut Penyalaan TRIAC	46
Tabel 2.10	Perbandingan Nilai PWM terhadap Tegangan	37
Tabel 3.1	Pengujian hasil kadar air pada gabah	52



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Foto Alat	55
Lampiran 2	Listing Program	58
Lampiran 3	Datasheet	61



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beras merupakan bahan pangan yang tidak dapat dipisahkan masyarakat Indonesia, baik di kota maupun di pedesaan. Dengan konsumsi beras yang masih sangat tinggi, yaitu lebih dari 114kg/kapita pada tahun 2014. Di samping itu impor beras juga meningkat hampir dua juta ton tiap tahun. Bertambahnya permintaan ini disebabkan karena pertambahan penduduk, pendapatan riil yang lebih tinggi, dan harga riil yang lebih rendah.

Biji padi disebut gabah, dan gabah yang sudah tua, dapat diolah menjadi beras. Gabah dengan kadar air tinggi jika diproses menjadi beras dapat menyebabkan beras yang dihasilkan rusak, busuk, berjamur dan berubah warna. Sedangkan gabah dengan kandungan air rendah jika ditangani akan menghasilkan banyak beras patah atau menir. Oleh karena itu, untuk mengurangi kehilangan pasca panen maka gabah yang akan diproses harus segera dikeringkan hingga mencapai kadar air 13-14% (Karbasi dan Mehdizabeh, 2008).

Gabah kering panen (GKP) secara umum mempunyai kadar air antara 20% - 27% (basis basah) (Waries, A, 2006), berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) kualitas gabah, baik kualitas 1 hingga 3 mensyaratkan kadar air gabah 14% basis basah (BBKP-JT 2006) agar dapat disimpan dalam jangka waktu 6 bulan yang disebut gabah giling (GKG). Untuk mengurangi kadar air tersebut dapat dilakukan dengan pengeringan.

Pada umumnya pengeringan gabah di Indonesia dilakukan dengan dua cara yaitu cara penjemuran dengan sinar matahari (*sun drying*) dan dengan alat pengering buatan (*artificial drying*).

Masalah utama pengeringan dengan menggunakan sinar matahari adalah terhadap cuaca. Lebih-lebih di bawah kondisi daerah tropis yang basah di mana hujan dan sinar matahari bergantian. Hal ini menyebabkan cara pengeringan dengan menggunakan sinar matahari tidak setiap saat dapat dilakukan. Proses penjemuran

gabah pada umumnya membutuhkan waktu tiga hari, namun waktu yang dibutuhkan dapat mencapai satu minggu jika curah hujan tinggi. Pengerinan dalam jangka waktu lama pada suhu yang rendah, maka aktivitas mikroorganismenya yang berupa tumbuhnya jamur atau pembusukan menjadi sangat cepat. Sebaliknya, pengerinan yang dilakukan pada suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen bahan yang dikeringkan, baik secara fisik maupun kimia. Oleh karena itu sumber energi lain yang lebih kontinyu ketersediaannya dibutuhkan dalam proses pengerinan biji-bijian.

Tahap pengerinan bertujuan untuk mendapatkan gabah kering yang tahan untuk disimpan dan memenuhi persyaratan kualitas gabah yang akan dipasarkan, yaitu dengan cara mengurangi air pada bahan (gabah) sampai kadar air yang dikehendaki.

Alat yang digunakan untuk pengerinan gabah ini menggunakan kontroler PID berbasis Arduino Uno. Proporsional, Integral, Derivatif (PID) adalah kontroler yang merupakan gabungan dari kontroler Proporsional, Integral dan Derivatif. Gabungan dari ketiga kontroler ini diharapkan dapat memberikan keluaran sistem yang stabil dimana masing-masing kontroler bisa saling melengkapi satu dengan yang lainnya. Keuntungan dari kontroler PID adalah merupakan sebuah sistem yang sederhana sehingga lebih tepat dalam mengambil sebuah keputusan. Diharapkan dengan menggunakan kontroler PID suhu pada *rotary dryer* bisa dikendalikan dan dapat mendapatkan hasil kadar air yang ditentukan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan membuat perangkat keras (*hardware*) yang dapat menunjang pengendalian suhu proses pengerinan pada plant *Rotary Dryer* ?
2. Bagaimana merancang sistem pengaturan suhu pada proses pengerinan gabah dengan alat *Rotary Dryer* menggunakan kontroler PID ?

1.3 Batasan Masalah

1. Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATMEGA328. Memiliki 14 pin *input* dari *output* digital dimana 6 pin *input* tersebut dapat digunakan

sebagai *output* PWM dan 6 pin *input* analog, 16 Mhz osilator Kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP header dan tombol *reset*.

2. Pembahasan ditekankan pada penggunaan kontroler PID pada sistem.
3. Sensor suhu menggunakan SHT11
4. Penentuan letak posisi sensor suhu menyesuaikan dengan pola aliran udara di dalam ruangan pengeringan.
5. Kinerja *driver* dan elektronika tidak dibahas mendalam.
6. Kapasitas gabah yang digunakan dalam penelitian adalah sebanyak 1 Kg.
7. Pemanas yang digunakan adalah *heater* 220 volt/ 800 watt.
8. Pada perubahan suhu disesuaikan dengan program mikrokontroler Arduino Uno

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai Penelitian ini bertujuan untuk mengendalikan suhu pada proses pengeringan gabah pada alat *Rotary Dryer* dengan implementasi Kontrol PID berbasis Mikrokontroler dan menghasilkan respon yang sesuai sehingga menghasilkan pengeringan dengan waktu yang lebih singkat dan standar mutu yang sama.

1.5 Sistematika Penulisan

Agar penyusunan laporan skripsi ini dapat mencapai sasaran dan tidak menyimpang dari judul yang telah ditentukan, maka diperlukan sistematika pembahasan yang jelas. Pembahasan dalam skripsi ini secara garis besar adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

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

BAB II Tinjauan Pustaka

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

BAB III Metode Penelitian

Membahas metode penelitian dan perencanaan alat.

BAB IV Perancangan dan Pembuatan Alat

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

BAB V Pengujian dan Analisis

Menjelaskan tentang pengujian alat dan analisa yang meliputi pengujian bagian blok sistem dan pengujian sistem secara keseluruhan.

BAB VI Penutup

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



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori proses pengeringan gabah

2.1.1 Proses pengeringan

Proses pengeringan merupakan suatu proses pemindahan atau pengeluaran kandungan air bahan sehingga mencapai kadar tertentu dengan tujuan memperlambat kecepatan kerusakan saat penyimpanan. Beberapa kendala yang berpengaruh diantaranya: (1) temperature, (2) kelembaban udara lingkungan, (3) kecepatan aliran udara pengering, (4) besarnya prosentase kandungan air yang ingin dijangkau, (5) energi pengeringan dan (6) kapasitas pengeringannya.

Jumlah air dalam suatu bahan biasanya dinyatakan dalam bentuk persen dan disebut kadar air bahan. Ada dua metode untuk menggambarkan kadar air suatu bahan, yaitu kadar air basis basah dan kadar air basis kering. (Bonazzi, 1997)

Pada proses pengeringan, panas digunakan untuk menguapkan air dari biji-bijian dan menggerakkan udara untuk membawa air yang telah diuapkan. Laju pengeringan antara lain ditentukan oleh kadar air awal, temperature pengeringan, temperature udara sekitar dan kelembaban relative (RH). Metode pengeringan, tipe pengering dan efisiensi dari peralatan juga mempengaruhi laju pengeringan.

Tujuan dari dilakukannya pengeringan, terutama terhadap hasil agroindustry adalah untuk mengurangi kadar air bahan sampai batas tertentu, di mana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti, sehingga dapat disimpan untuk waktu yang lama.

Proses pengeringan terbagi menjadi tiga kategori : (Kahar, 2007)

- 1) Pengeringan udara dan pengeringan yang berhubungan langsung di bawah tekanan atmosfer. Pada pengeringan ini panas dipindahkan menembus bahan, baik dari udara maupun dari permukaan yang dipanaskan.
- 2) Pengeringan hampa udara. Pada pengeringan ini panas dipindahkan secara konduksi dan terjadi lebih cepat pada tekanan rendah.

3) Pengeringan beku. Pada pengeringan ini uap disublimasikan keluar dari bahan pangan beku.

Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi penguapan dinyatakan sebagai berikut: (Kahar, 2007)

1. Laju pemanasan waktu energi (panas) dipindahkan pada bahan.
2. Jumlah panas yang dibutuhkan untuk menguap tiap kg air.
3. Temperatur maksimum pada bahan.
4. Tekanan pada saat terjadi penguapan.
5. Perubahan lain yang mungkin terjadi di dalam bahan selama proses penguapan berlangsung.

2.1.2 Gabah

Gabah adalah butiran dari biji tanaman padi yang sudah terlepas dari bulir-bulirnya. Gabah merupakan salah satu tahapan pengolahan pada untuk menjadi bahan pangan yang disebut beras. Gabah terdiri dari butiran pada yang masih terbungkus oleh kulit yang disebut sekam. Gabah pada umumnya memiliki kadar air sekitar 24% sampai 27%.

2.1.3 Kadar air

Kadar air menunjukkan banyaknya kandungan air per satuan berat bahan. Ada dua metode untuk penentuan kadar air, yaitu *wet basis* (berdasarkan berat basah bahan) dan *dry basis* (berdasarka berat kering bahan). Karena berat basah bahan selalu berubah-ubah, digunakan berat kering bahan. (Listyawati,2007)

Untuk menentukan kadar air gabah, dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$M_{pi} = \frac{m_{pi} - m_{pf}}{m_{pi}} \times 100 \dots \dots \dots (2-1)$$

Dengan :

M_{pi} : Kadar air biji padi %

m_{pi} : Berat biji padi sebelum dikeringkan (Kg)

m_{pf} : Berat biji padi setelah di keringkan (Kg)

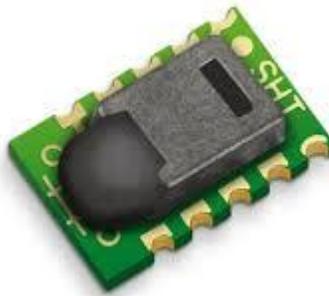


2.1.4 Temperatur Udara Pengering

Temperatur udara berkaitan erat dengan tekanan uap air di udara. Pada alat pengering, terjadi proses pemanasan udara tanpa menambah atau mengurangi jumlah air yang dikandungnya. Pada pengeringan gabah untuk konsumsi, temperatur udara yang aman adalah tidak lebih dari 60° C suhu pengeringan.

2.2 Sensor Suhu SHT-11

Sensor SHT-11 adalah sensor pengukur suhu. Di mana wujud dari sensor tersebut seperti dalam gambar 2.1

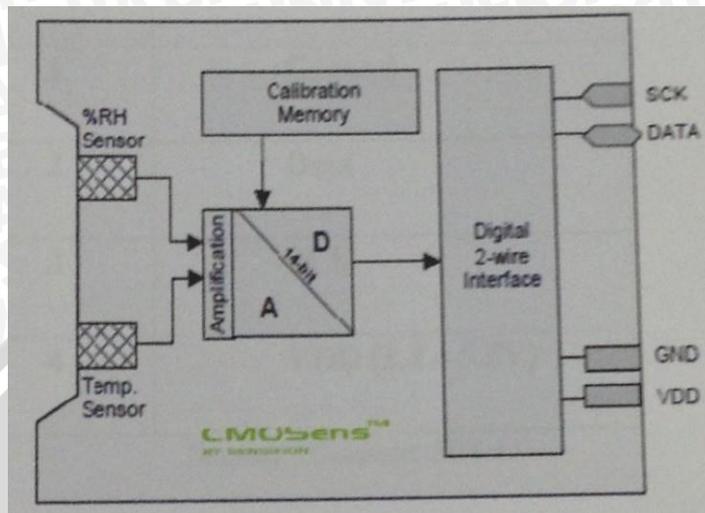


Gambar 2.1 Sensor Suhu SHT-11

Sumber : <http://www.sensirion.com>.

SHT-11 adalah sebuah *single chip* sensor suhu dan kelembaban relatif dengan multi modul sensor, di mana *output* telah dikalibrasikan secara digital. Di bagian dalamnya terdapat kapasitif polimer sebagai elemen untuk sensor kelembaban relative dan sebuah pita regangan yang digunakan sebagai sensor temperature. *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. SHT-11 dikalibrasikan pada ruangan dengan suhu yang teliti menggunakan thermometer sebagai referensinya. Koefisien kalibrasinya telah deprogram kedalam OTP memory. Koefisien tersebut akan digunakan untuk mengkalibrasi keluaran dari sensor selama proses pengukuran. 2- *wire* alat penghubung serial dan regulasi tegangan internal membuat lebih mudah dalam pengintegrasian sistem. Ukurannya yang kecil dan konsumsi daya yang rendah membuat sensor ini adalah pilihan yang tepat, bahkan untuk aplikasi yang paling menuntut. Di dalam piranti SHT-11 terdapat suatu *surface-mountable LLC (Leadless Chip Carrier)* yang berfungsi

sebagai suatu *pluggable* 4-pin *single-in-line* untuk jalur data dan clock, blok diagram chip SHT-11 dapat dilihat dalam Gambar 2.2



Gambar 2.2 Block diagram pada chip SHT-11

Sumber : <http://www.sensirion.com>

Spesifikasi dari sensor SHT-11 dapat dilihat dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1 Spesifikasi SHT-11

Karakteristik	SHT-11
Range Suhu	-40° C (-40° F) hingga +123,8° C (+254,9° F)
Akurasi Suhu	+/- 0,4° pada 25° C
Range Kelembaban	0 hingga 100% RH
Akurasi RH absolut	+/- 3% RH
Faktor Bentuk	8 pin DIP – 0,6”
Konsumsi Daya Rendah	Tipikal 30 W
Tegangan Supply	+5 VDC

Sumber : <http://www.sensirion.com>

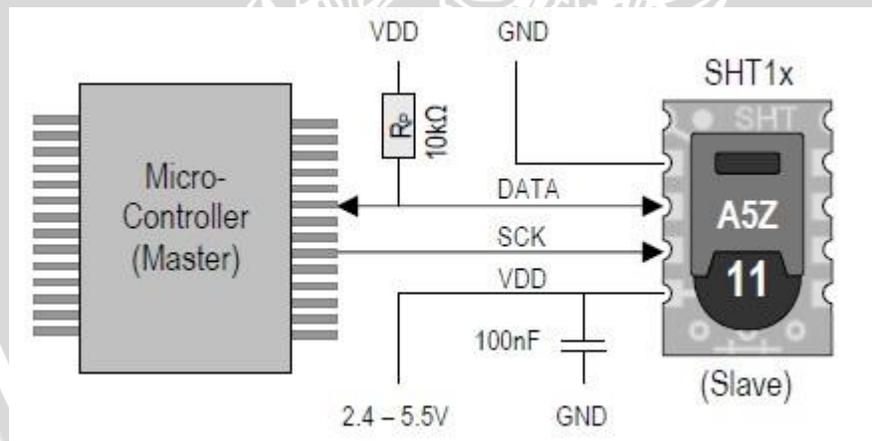
Fungsi Pin pada sensor SHT-11 dapat dilihat dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Pin Sensor SHT-11

Pin	Fungsi
1	Ground
2	Data
3	SCK
4	VDD (2,4-5,5V)

Sumber : Datasheet SHT-11

Configurasi Pin pada sensor SHT-11 dengan mikrokontroler dapat dilihat dalam Gambar 2.3



Gambar 2.3 Typical application circuit SHT 11

Sumber : <http://www.sensirion.com> datasheet SHT-11

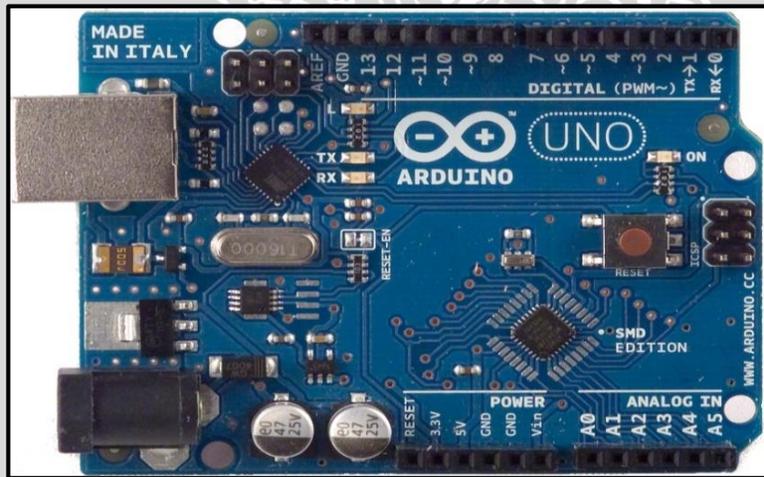
2.3 Mikrokontroler Arduino UNO

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 menghubungkan *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, IO REF yang memungkinkan *shield-shield* untuk menyesuaikan tegangan yang disediakan dari board. Untuk ke depannya, *shield* akan dijadikan kompatibel atau cocok dengan *board* yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan tegangan 5 volt dan dengan Arduino Due yang beroperasi dengan tegangan 3,3 volt. Yang ke dua merupakan sebuah pin yang tak terhubung, yang disediakan untuk tujuan kedepannya.
- Sirkit RESET yang lebih kuat
- Atmega 16U2 menggantikan 8U2

Board arduino uno dapat dilihat dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Board* Arduino Uno

Sumber : *Aduino.cc*

Deskripsi Arduino Uno secara umum dapat dilihat dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Deskripsi Arduino Uno

<i>Microcontroller</i>	Atmega328
<i>Operasi Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage</i>	7-12 V (Rekomendasi)
<i>Input Voltage</i>	6-20 V (<i>limits</i>)
<i>I/O</i>	14 pin (6 pin untuk PWM)
<i>Arus</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32KB
<i>Bootloader</i>	SRAM 2 KB
<i>EEPROM</i>	1 KB
<i>Kecepatan</i>	16 Mhz

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 disuplai 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 - 12 volt.

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 mikrokontroler dan komponen lainnya di *board*. Hal ini dapat terjadi baik dari VIN melalui regulator *on board*, atau diberikan oleh USB.
- 3,3 volt pasokan yang dihasilkan oleh regulator *on-board*. Menarik arus maksimum adalah 50 mA.
- GND.

2.3.2 Memori

ATmega328 memiliki 32 KB 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 20-50 K. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

- Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (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 *output* 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 digital 13. Ketika pin adalah nilai TINGGI, LED menyala, ketika pin adalah RENDAH, itu *off*.

Arduino Uno memiliki 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 dan 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 mikrokontroler dari awal. Tombol *reset* terhubung ke ATmega328 melalui kapasitor 100nf. 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 Motor DC

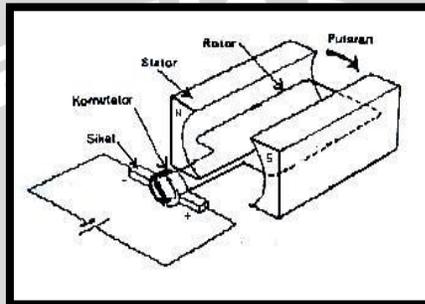
Motor DC yang digunakan dalam penelitian ini adalah Motor DC yang menggunakan permanen magnet permanen. Alasan pemilihan Motor DC tipe ini adalah kemudahan dalam pengontrolan dengan menggunakan pengaturan tegangan DC. Medan stator motor jenis ini dihasilkan oleh magnet permanen bukan elektromagnet. Penggunaan magnet permanen tidak membutuhkan daya listrik untuk menghasilkan medan stator, sehingga daya dan pendinginan yang diperlukan lebih rendah dibandingkan motor yang menggunakan elektromagnet. Perubahan kecepatan motor dapat diatur dengan cara mengubah-ubah besarnya tegangan DC yang diberikan.

Motor DC memiliki beberapa keunggulan, yaitu:

- Bentuknya kompak, ringan dan berdaya kerja tinggi
- Dapat bekerja pada daerah atau tempat yang mempunyai lingkungan ekstrem
- Biaya perawatan mudah

Motor DC hampir sama konstruksinya dengan motor AC, perbedaannya terletak pada sikat dan cincin belah (komutator). Saat siklus pertama, arus mengalir dari kutub positif ke negatif. Aliran arus yang melewati bagian kabel yang berada didekat kutub N

magnet akan menimbulkan gaya Lorentz ke bawah. Sementara itu aliran arus yang melewati kabel yang berada di dekat kutub S magnet akan menyebabkan gaya Lorentz ke atas. Kedua perpaduan gaya Lorentz tersebut akan menyebabkan kawat berputar. Pada siklus berikutnya terjadi hal yang serupa seperti pada siklus sebelumnya. Apabila arus terus-menerus dialirkan, maka kawat akan berputar secara terus menerus pula. Pada aplikasi sesungguhnya, kawat adalah sebuah rotor yang akan dikopel dengan sebuah as dan akan memutar as tersebut terus menerus seiring perputaran motor. Motor DC ditunjukkan dalam Gambar 2.5 :



Gambar 2.5 Motor DC

Sumber: *Kismet F [1994:98]*

2.5 Kontroler

Keberadaan kontroler dalam sebuah sistem kontrol mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem. Pada prinsipnya hal itu disebabkan oleh tidak dapat diubahnya komponen penyusun sistem tersebut. Artinya, karakteristik *plant* harus diterima sebagaimana adanya, sehingga perubahan perilaku sistem hanya dapat dilakukan melalui penambahan suatu subsistem, yaitu kontroler.

Salah satu fungsi komponen kontroler adalah mengurangi sinyal kesalahan, yaitu perbedaan antara nilai referensi/nilai yang diinginkan dan nilai aktual. Hal ini sesuai dengan tujuan sistem kontrol dimana mendapat nilai sinyal keluaran sama dengan nilai yang diinginkan/referensi. Semakin kecil kesalahan yang terjadi, semakin baik kinerja sistem kontrol yang diterapkan.

Apabila perbedaan antara nilai referensi dengan nilai keluaran relatif besar, maka kontroler yang baik seharusnya mampu mengatasi perbedaan ini untuk segera menghasilkan sinyal keluaran untuk mempengaruhi *plant*. Dengan demikian sistem

secara cepat mengubah keluaran plant sampai diperoleh selisih dengan nilai referensi sekecil mungkin.

Prinsip kerja kontroler adalah membandingkan nilai aktual keluaran plant dengan nilai referensi, kemudian menentukan nilai kesalahan dan akhirnya menghasilkan sinyal kontrol untuk meminimalkan kesalahan (Ogata, 1995).

2.6 Kontroler PID (Proporsional Integral Diferensial)

2.6.1 Kontroler Proporsional

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding/proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan, bahwa keluaran kontroler proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukannya. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya.

Pada Gambar 2.6 menunjukkan diagram blok yang menggambarkan hubungan antara *input* (besaran referensi yang diinginkan), besaran aktual dengan besaran keluaran kontroler proporsional, dan besaran kesalahan (*error*). Sinyal kesalahan (*error*) merupakan selisih antara besaran *setting* dengan besaran aktualnya.



Gambar 2.6 Diagram Blok Kontroler Proporsional

Sumber: Ogata,1995: 157

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

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

Sumber: Ogata, 1995: 157

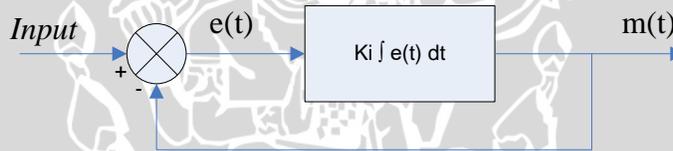
Dengan K_p adalah penguatan proporsional. Keluaran $m(t)$ hanya tergantung pada K_p dan *error*, semakin besar *error* maka semakin besar koreksi yang dilakukan.

Penambahan Kp akan menaikkan penguatan sistem sehingga dapat digunakan untuk memperbesar kecepatan respons dan mengurangi kesalahan keadaan mantap.

2.6.2 Kontroler Integral

Kontroler integral berfungsi mengurangi kesalahan keadaan mantap yang dihasilkan pada kontroler proporsional sebelumnya. Kalau sebuah *plant* tidak memiliki unsur integrator (1/s), kontroler proporsional tidak akan mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan mantap 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 jumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Kalau sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan. Gambar 2.7 menunjukkan diagram blok kontroler integral.



Gambar 2.7 Diagram Blok Kontroler Integral

Sumber: Ogata, 1995: 158

Nilai keluaran kontroler $m(t)$ sebanding dengan integral sinyal kesalahan $e(t)$,

Sehingga :

$$\frac{dm(t)}{dt} = Ki \cdot e(t) \dots\dots\dots(2-3)$$

$$m(t) = Ki \int_0^t e(t)dt \dots\dots\dots(2-4)$$

Sumber: Ogata, 1995: 157

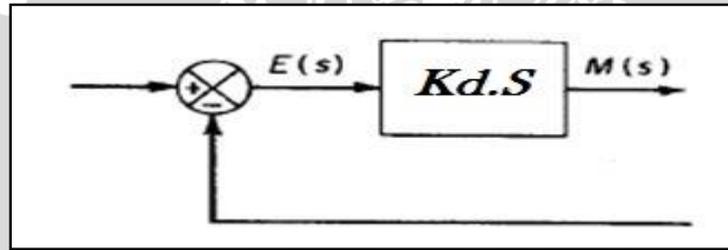
Dengan K_i adalah konstanta integral. Jika sinyal kesalahan $e(t)=0$, maka laju perubahan sinyal kendali integral $\frac{dm(t)}{dt} = 0$ atau sinyal keluaran kendali akan tetap berada pada nilai yang dicapai sebelumnya. Aksi kontrol integral digunakan untuk

menghilangkan kesalahan posisi dalam keadaan mantap (*error steady state*) tanpa memperhitungkan kecepatan respons.

2.6.3 Kontroler Differensial

Kontroler ini digunakan untuk memperbaiki atau mempercepat respon transien sebuah sistem kontrol dengan cara memperbesar *phase lead* terhadap penguatan kontrol dan mengurangi *phase lag* penguatan tersebut. Kontroler differensial seperti yang terlihat dalam Gambar 2.8 tidak dapat mengeluarkan *output* bila tidak ada perubahan *input*, selain itu kontroler differensial tidak dapat digunakan untuk proses yang mengandung *noise*. Hubungan antara keluaran kontroler $m(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak $e(t)$ adalah (Persamaan 2.8):

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_d \cdot s \dots \dots \dots (2.8)$$



Gambar 2.8 Diagram Blok Kontroler Differensial (Ogata K., 1997).

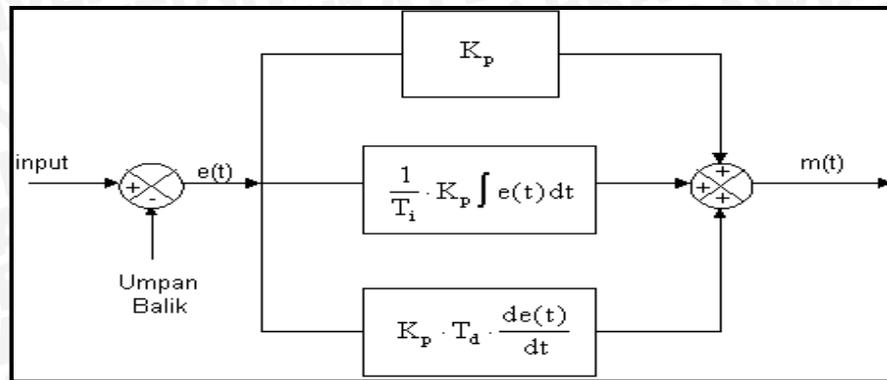
2.6.4 Kontroler Proporsional Integral Differensial (PID)

Aksi aksi kontrol proporsional, integral, dan differensial yang terlihat dalam Gambar 2.9 mempunyai keunggulan dapat saling menutupi kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler. Persamaan kontroler PID ini dapat dinyatakan sebagai berikut (Persamaan 2-5):

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

Dalam transformasi laplace dinyatakan sebagai berikut (Persamaan 2-6):

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



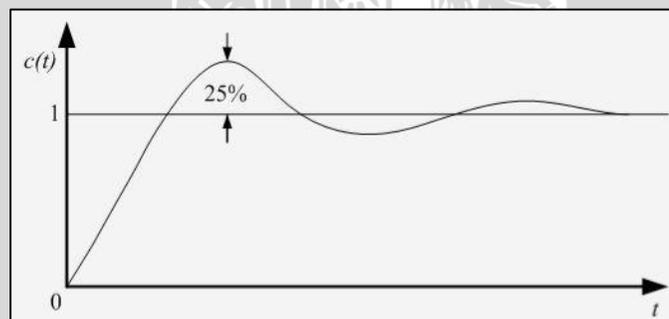
Gambar 2.9 Diagram Blok Kontroler PID (Ogata k., 1997)

2.6.5 Metode Tuning PID

- **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 kontroler PID atau penalaan kontroler PID tersebut dapat dilakukan dengan bereksperimen dengan plan. (Ogata, K., 1997)

Terdapat dua metode yang disebut dengan aturan penalaan Ziegler-Nichols, pada kedua metode tersebut memiliki tujuan yang sama yaitu untuk mencapai 25% *maximum overshoot* pada respon unit step, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.10.

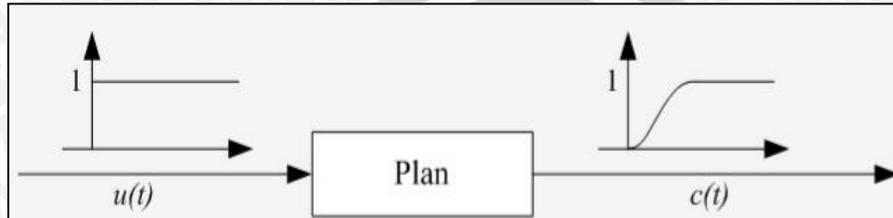


Gambar 2.10 Kurva Respon *Unit Step* yang Menunjukkan 25% *Maximum Overshoot*

Sumber: Teknik Kontrol Automatik, Katsuhiko Ogata, 1997

a) Metode Pertama

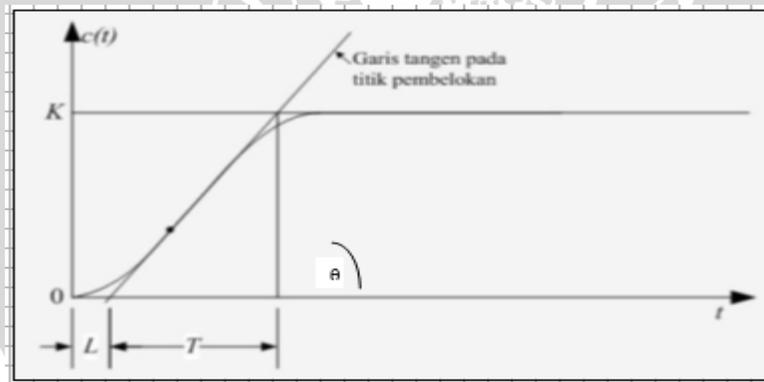
Metode pertama atau sering disebut metode kurva reaksi, respon dari *plan* dapat dapat diperoleh secara eksperimental dengan masukan berupa unit step, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.1



Gambar 3.1 Respons Plan Terhadap Masukan Berupa *Unit Step*

Sumber: Teknik Kontrol Automatik, Katsuhiko Ogata, 1997

Jika dalam plan tersebut terdapat integrator atau *dominan complex-conjugate poles*, maka kurva respons unit *step* berbentuk seperti huruf S, seperti dalam Gambar 3.2. Jika respons tidak memberikan bentuk kurva S, maka metode ini tidak berlaku. (Ogata, K., 1997).



Gambar 3.2 Respons Plan berbentuk S

Sumber: Teknik Kontrol Automatik, Katsuhiko Ogata, 1997

Kurva berbentuk S tersebut dapat dikarakteristikkan 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 $c(t) = K$,

seperti yang telah ditunjukkan dalam Gambar 2.18 Fungsi alih $C(s)/U(s)$ dapat dilakukan pendekatan dengan sistem orde satu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts + 1} \dots \dots \dots (2.7)$$

Ziegler dan Nichols menyarankan untuk menentukan nilai-nilai dari K_p , T_i dan T_d berdasarkan pada formula yang ditunjukkan dalam Tabel 2.4 (Ogata, K., 1997)

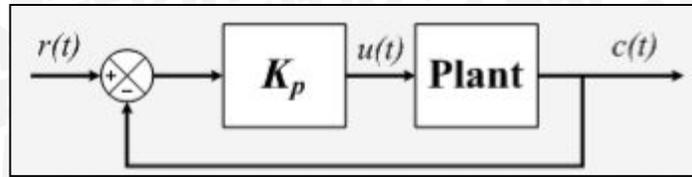
Tabel 2.4 Aturan Penalaan Ziegler-Nichols Berdasarkan Respons Unit Step Dari Plan

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

Sumber: Ogata, K. 1997

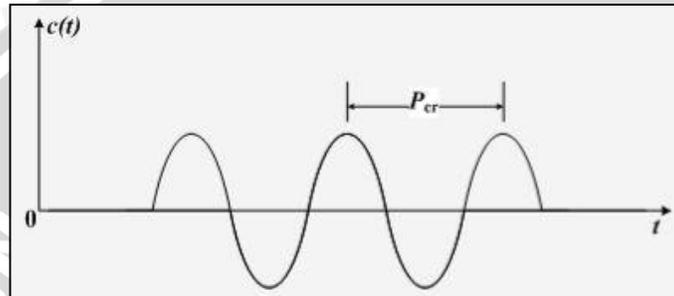
b) Metode Kedua

Dalam metode kedua ziegler-nichols, mula-mula yang dilakukan adalah membuat $T_i = 0$ 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 kontroler proporsional dapat dilihat dalam Gambar 3.3 dan untuk osilasi berkesinambungan dengan periode P_{cr} dapat dilihat dalam Gambar 3.4 Ziegler dan Nichols menyarankan penyetelan nilai parameter K_p, T_i, T_d dan berdasarkan rumus yang diperlihatkan dalam Tabel 2.5. (Ogata, K., 1997)



Gambar 3.3 Sistem Loop Tertutup dengan Kontroler Proporsional

Sumber: Teknik Kontrol Automatik, Katsuhiko Ogata, 1997



Gambar 3.4 Osilasi Berkesinambungan dengan periode P_{cr}

Sumber: Teknik Kontrol Automatik, Katsuhiko Ogata, 1997

Tabel 2.5 Aturan Dasar Ziegler-Nichols Berdasarkan *Critical Gain* K_{cr} dan *Critical Period* P_{cr}

Tipe Kontroler	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	$0.60 K_{cr}$	$0.5 P_{cr}$	$0.125 P_{cr}$

Sumber: Teknik Kontrol Automatik, Katsuhiko Ogata, 1997

2.7 LCD

Liquid Crystal Display (LCD) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan di berbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator ataupun layar komputer. Tipe LCD dot matrik dengan jumlah karakter 16×2 . LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat. Bentuk LCD 16×2 dapat dilihat dalam Gambar 3.5.

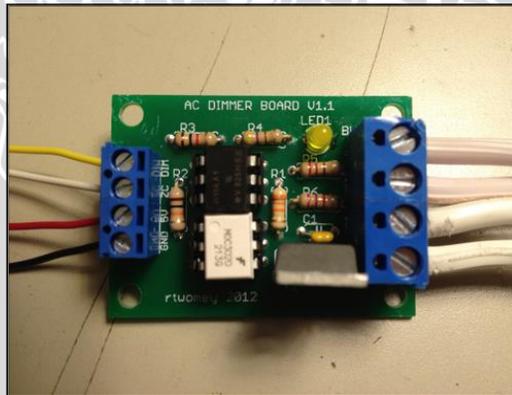


Gambar 3.5 Bentuk LCD 16*2

Sumber : engineersgarage.com

2.8 Rangkaian Dimmer

Diperlukan sebuah rangkaian yang bisa digunakan untuk melakukan pengendalian AC, rangkaian tersebut rangkaian *dimmer* yang di dalamnya terdiri dari rangkaian TRIAC dan rangkaian *Zero Cross Detector*. Gambar 3.6 menunjukkan contoh modul rangkaian *dimmer* AC.



Gambar 3.6 AC Dimmer Module Lite (v1.1)

2.9 Rangkaian TRIAC

TRIAC atau *Triode for Alternating Current* (Trioda untuk arus bolak-balik) adalah komponen yang tersusun atas dua buah *thyristor* antiparalel dengan terminal *gate* yang sama. Nama resmi untuk TRIAC adalah *Bidirectional Triode Thyristor*. Ini menunjukkan sakelar arah yang dapat mengalirkan arus listrik ke kedua arah ketika dipicu (dihidupkan). Konfigurasi tersebut membuat TRIAC merupakan komponen yang digunakan untuk mengatur tegangan AC sehingga pemicuan dari *gate*

TRIAC juga dapat dilakukan dengan pulsa negatif atau pulsa positif (sesuai tegangan AC) (Ardhito, 2013).

Dalam penggunaannya dibutuhkan DIAC sebagai *driver* dari TRIAC. Selain itu dibutuhkan juga komponen yang mampu berfungsi sebagai isolator antara tegangan 220V dan 5V untuk melindungi mikrokontroler dari tegangan balik. Sehingga komponen yang sesuai dengan spesifikasi di atas adalah *optocoupler*. Optocoupler yang komponen utamanya berupa DIAC adalah MOC3021.

3.1 Rangkaian Zero Cross Detector

Zero crossing detector adalah rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220 volt saat melewati titik tegangan nol. Seberangan titik nol yang dideteksi adalah peralihan dari positif menuju negatif dan peralihan dari negatif menuju positif. Seberangan-seberangan titik nol ini merupakan acuan yang digunakan sebagai awal pemberian nilai waktu tunda untuk pemicuan TRIAC (Ardhito, 2013).

Pada rangkaian *zero cross detector* dibutuhkan rangkaian yang bisa mendeteksi persimpangan antara gelombang tegangan bolak-balik dengan titik nol agar pengaturan fasa dapat dilakukan pada titik nol gelombang tegangan bolak-balik. Metode ini berfungsi untuk menentukan frekuensi suatu gelombang dengan cara mendeteksi banyaknya *zero point* pada suatu rentang waktu. *Zero crossing detector* berfungsi untuk mendeteksi perpotongan gelombang sinus pada tegangan AC dengan *zero point* tegangan AC tersebut, sehingga dapat memberikan sinyal acuan saat dimulainya pemicuan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM). Dengan rangkaian *zero crossing detector*, bisa dilakukan pendeteksian *zero point* sekaligus mengubah suatu sinyal sinusoidal menjadi sinyal kotak. Sinyal keluaran rangkaian *zero cross detector* ini akan dimasukkan ke mikrokontroler, oleh karena itu dibutuhkan juga komponen yang mampu memisahkan tegangan 5V dan 220V. Untuk rangkaian ini digunakan komponen optocoupler 4N25.

BAB III

METODE PENELITIAN

Penyusunan skripsi ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif yang diwujudkan dalam bentuk prototipe, yaitu perencanaan dan perealisasiian alat agar dapat menampilkan unit kerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah.

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

- Studi literatur
- Perancangan alat
- Realisasi pembuatan alat
- Pengujian alat dan analisa data
- Pengambilan kesimpulan

3.1 Studi Literatur

Studi literatur mengacu pada prinsip kerja alat yang dirancang meliputi sistem pengendalian mesin pengering gabah dengan *Rotary Dryer* yang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno, karakteristik dari komponen yang digunakan serta studi tentang pengendalinya yaitu mikrokontroler Adruino Uno.

Adapun hal-hal yang berhubungan dengan hal tersebut adalah :

- a. Studi tentang teori dasar proses pengeringan gabah
 - Suhu pada proses pengeringan gabah dihasilkan gabah dengan kualitas yang baik.
 - Lama proses pengeringan gabah.
- b. Studi tentang rangkaian sensor
 - Karakteristik spesifikasi sensor SHT-11 dan rangkaian elektronik.
 - Penerapan sensor SHT-11.
 - Karakteristik komponen elektronik yang digunakan diantaranya meliputi LCD 16*2, Mikrokontroler Arduino Uno, transistor sebagai saklar dan motor DC.

- c. Mikrokontroler ATmega328
- Karakteristik umum mikrokontroler Arduino Uno yang berbasis mikrokontroler ATmega328.
- Cara memprogram mikrokontroler Atmega328 sebagai pusat pengontrol suhu *plant Rotary Dryer* saat proses pengeringan.

3.2 Perancangan Alat

Perancangan sistem dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektronik pendukungnya, hal ini dimaksudkan agar sistem pengendalian pada mesin pengering gabah tersebut dapat berjalan sesuai dengan deskripsi awal yang telah direncanakan. Perancangan sistem yang dilakukan meliputi:

1. penentuan spesifikasi alat.
2. pembuatan diagram blok sistem keseluruhan.
3. perancangan mekanik.
4. perancangan perangkat elektrik yang terdiri dari mikrokontroler dan rangkaian sensor.
5. Perancangan perangkat lunak menggunakan IDE arduino 1.5.8 beta.

3.2.1 Perancangan Perangkat Keras

- a. Pembuatan mekanik alat, *power supply*, *push button* dan LCD.
- b. Perancangan sensor suhu dan Rangkaian *Zero crossing detector* sesuai sistem.

3.2.2 Perancangan Perangkat Lunak

Setelah mengetahui perangkat keras yang dirancang, maka dibutuhkan perangkat lunak untuk mengendalikan dan mengatur kerja dari alat ini. Parameter yang diperoleh dari hasil perhitungan kemudian diterapkan kedalam mikrokontroler Arduino Uno dengan menggunakan bahasa C++.

3.3 Pengujian Alat

Setelah semua komponen pada alat sudah terhubung sesuai dengan diagram blok sistem yang telah dirancang dan perangkat lunak untuk mendukung sistem telah dibuat, maka diadakan pengujian dan analisa alat. Metode pengujian alat adalah sebagai berikut:

- Menguji pada tiap-tiap blok rangkaian.
- Kalibrasi pada sensor yang digunakan.
- Menggabungkan beberapa blok rangkaian menjadi sebuah sistem.
- Mengadakan pengujian sistem secara keseluruhan.
- Mengevaluasi hasil pengujian sistem secara keseluruhan.

3.4 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pengambilan kesimpulan dan saran dilakukan setelah didapatkan hasil dari pengujian. Jika hasil yang diperoleh telah sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan maka alat tersebut telah memenuhi harapan dan memerlukan pengembangan untuk penyempurnaan.





BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

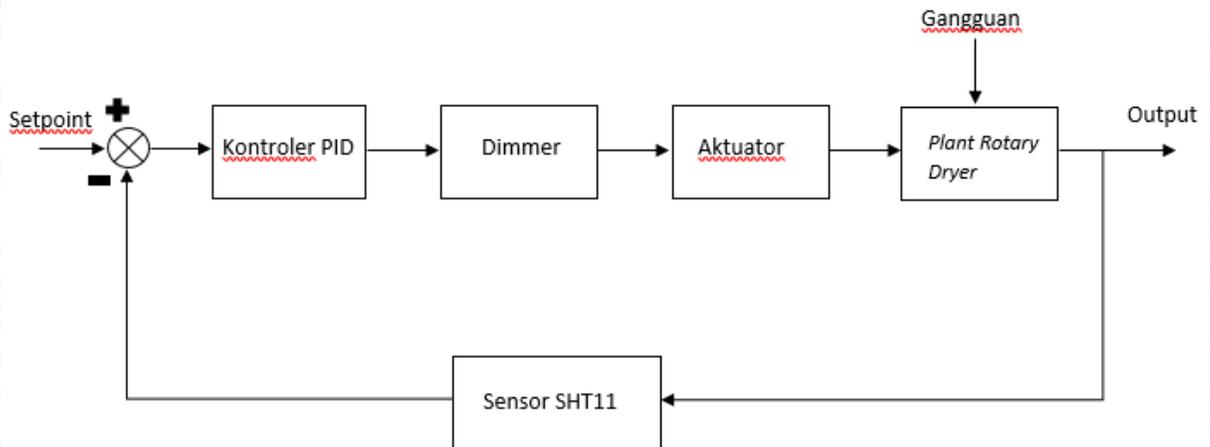
4.1 Perancangan Sistem

Perancangan alat ini dilakukan secara bertahap dalam bentuk blok sehingga akan memudahkan dalam analisis pada setiap bloknnya maupun secara keseluruhan. Perancangan ini terdiri atas:

1. Perancangan perangkat keras (*hardware*) terdiri atas perancangan sensor suhu SHT11, motor DC fan 12 V, motor DC *rotary dryer* 12 V, 1 elemen pemanas dengan daya sebesar 800 watt.
2. Pembuatan dan penyelesaian program perangkat lunak (*software*) Arduino untuk sensor suhu dan sinyal PWM untuk *driver* pemanas.

4.2 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem yang dirancang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Diagram Blok Sistem (Perancangan)

Keterangan dari blok diagram system tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Set point* sistem berupa suhu 50° dan 60° Celcius.
2. Kontroller yang digunakan adalah kontroller PID yang dimasukkan algoritmanya ke dalam Arduino UNO.

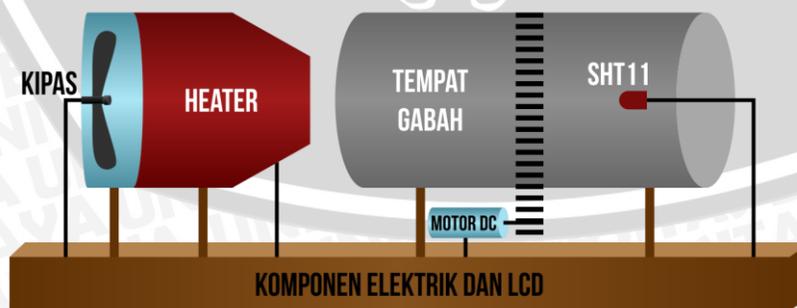
3. *Input* kontroller PID berupa sinyal *error* dan *Output* kontroller PID berupa sinyal PWM untuk driver elemen pemanas.
4. *Rotary Dryer* sebagai plant sistem dan aktuator yang digunakan adalah elemen pemanas.
5. Sensor SHT11 digunakan sebagai *feedback* sistem untuk mengukur suhu pengeringan pada plant.

4.3 Spesifikasi Alat

Spesifikasi sistem pengendalian suhu pada alat pengeringan Gabah menggunakan kontroler PID Arduino Uno adalah sebagai berikut :

1. Alat pengeringan *Rotary Dryer* berupa alumunium dengan panjang 80 cm, lebar 30 cm dan tinggi 30 cm.
2. Gabah yang digunakan proses pengeringan adalah Gabah yang baru masa panen dengan berat 1 kg.
3. Proses pengeringan dilakukan dengan menggunakan elemen pemanas 800 watt tepat di depan *fan DC* untuk menghembuskan udara suhu panas ke daerah *plant Rotary Dryer*.
4. Sensor yang digunakan adalah sensor SHT11 pada rentang suhu 50° - 60°.
5. Aktuator yang digunakan untuk mengatur suhu pengeringan adalah elemen pemanas yang ditentukan oleh PWM.
6. Perangkat kontrol yang digunakan adalah Arduino Uno sebagai pengendali keluaran sinyal PWM pada *driver* elemen pemanas saat proses pengeringan dimulai.

Skema perancangan alat dapat dilihat dalam Gambar 4.2 berikut :



Gambar 4. 2 Skema Alat (Perancangan)

4.4 Prinsip Kerja Sistem

Cara kerja sistem adalah sebagai berikut :

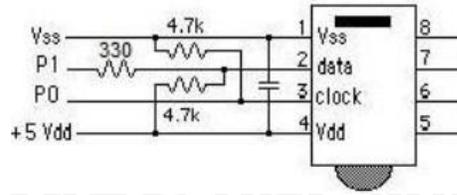
- Catu daya yang digunakan terdiri atas 3 macam yaitu :
 1. Catu daya 5V DC digunakan sebagai catu daya sensor SHT11.
 2. Catu daya +/- 12V DC digunakan sebagai catu daya untuk motor Fan dan +/- 12V DC digunakan untuk catu daya motor *Rotary Dryer*.
 3. Catu daya 220V 800 *watt* sebagai catu daya untuk driver pemanas.
- Aktuator yang digunakan pada proses pengeringan gabah adalah elemen pemanas, dengan mengalirkan udara panas pada *Rotary Dryer* dengan rincian suhu pemanasan 50° dan 60° sampai mendapat titik temu kadar air 13%-14% dengan beban gabah 1 kg dan motor *Fan* untuk menghembuskan udara panas dari elemen pemanas tersebut.
- SHT11 merupakan sensor suhu yang bersifat resistif, artinya jika suhu berubah maka resistansi SHT11 juga akan berubah. Keluaran Arduino Uno berupa sinyal PWM yang diatur dengan kontroler PID.

4.5 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Berdasarkan diagram blok perancangan alat yang telah disusun, perancangan perangkat keras meliputi perancangan rangkaian sensor SHT11, rangkaian catu daya, rangkaian *driver* pemanas, rangkaian *relay* motor *fan* dan *relay* motor *Rotary Dryer*. Di bawah ini adalah penjelasan masing-masing rangkaian penyusun keseluruhan alat.

4.5.1 Sensor SHT11

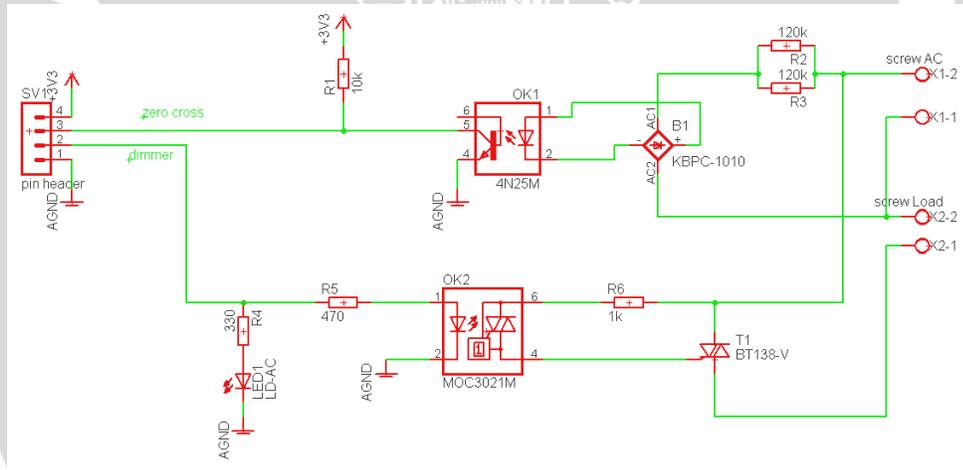
Sensor SHT11 ini bekerja pada tegangan input sebesar 5V, pin yang digunakan pada sensor ini ada dua pin yaitu pin SCK dan pin DATA. Pin SCK berfungsi untuk mensinkronisasikan komunikasi antara sensor dan Arduino UNO, sedangkan pin DATA berfungsi untuk mentransfer data in dan out pada sensor. Di bawah ini gambar 4.3 rangkaian sensor suhu dan kelembaban (SHT11).



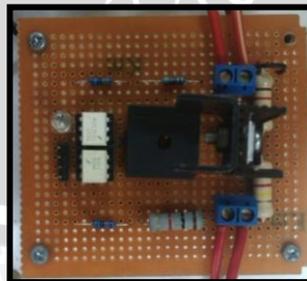
Gambar 4.3 Rangkaian Sensor SHT11

4.5.2 Rangkaian Driver Pemanas dengan sumber AC

Elemen pemanas yang digunakan adalah elemen pemanas dengan catu daya AC. Untuk mengendalikan besarnya arus yang melewati elemen pemanas digunakan rangkaian *dimmer* yang di dalamnya juga terdapat beberapa bagian, diantaranya adalah rangkaian pemicuan *gate* TRIAC dan rangkaian *Zero Cross Detector*. Gambar 4.4 menunjukkan skema rangkaian *dimmer* AC, sedangkan modul rangkaian yang akan dibuat ditunjukkan pada Gambar 4.5



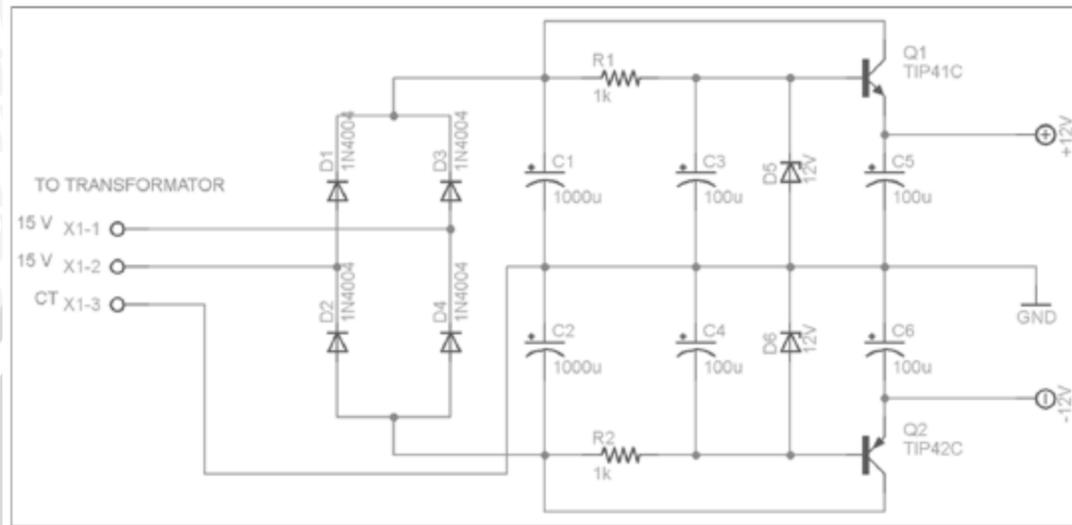
Gambar 4.4 Skema Rangkaian *Dimmer* (Robert,T.2013)



Gambar 4.5 Modul Rangkaian *Dimmer* (Sumber: Perancangan)

4.5.3 Rangkaian Catu Daya

Rangkaian catu daya yang digunakan adalah *power supply* simetris yang memiliki tegangan keluaran sebesar 12V, catu daya ini digunakan untuk pengaktifan *relay* motor *fan* dan motor DC. Rangkaian *power supply* simetris ditunjukkan dalam Gambar 4.6.

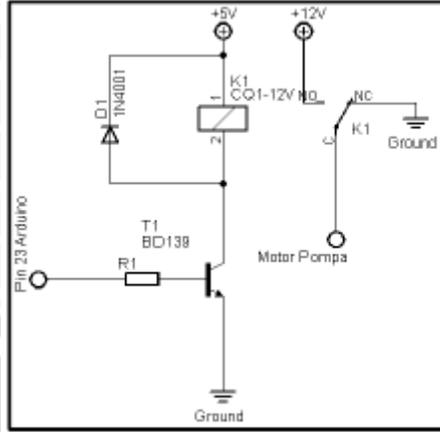


Gambar 4.6 *Power supply* simetris (Komponen Pendukung)

Rangkaian *power supply* simetris terdiri dari rangkaian penyearah gelombang dan penguat arus. Rangkaian penyearah menggunakan dioda yang berfungsi mengubah tegangan arus bolak balik (AC) menjadi tegangan arus searah (DC). Rangkaian penguat arus menggunakan transistor.

4.5.4 Rangkaian *Relay* motor *Fan* dan motor DC

Rangkaian *relay* yang digunakan memiliki tegangan catu daya sebesar 12 V. Catu daya 12 V digunakan untuk pengaktifan *relay* motor DC menggunakan Arduino UNO melalui pin digital 7. Catu daya 12 V untuk pengaktifan *relay* motor *fan* melalui pin digital 7. Rangkaian *relay* motor DC dan motor *fan* ditunjukkan dalam Gambar 4.7.

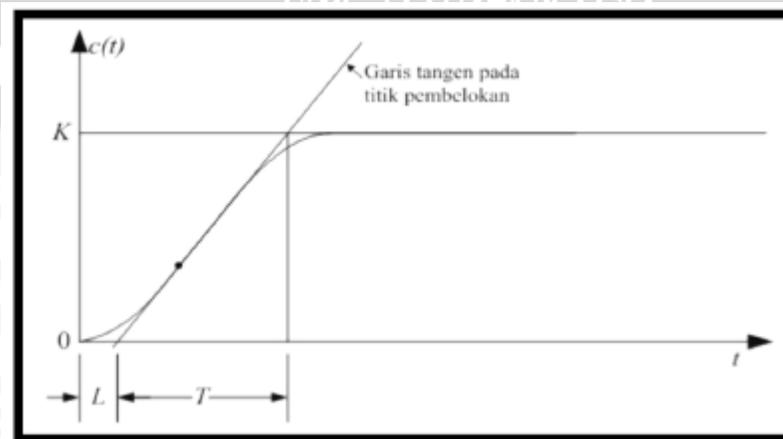


Gambar 4.7 Relay Motor (Komponen Pendukung)

4.6 Perancangan Algoritma Kontroler PID

Untuk memenuhi tujuan performansi *loop* yang diinginkan, maka perlu ditambahkan kontroler pada system tersebut. Kontroler yang dipilih ialah Proporsional Integral Derivatif (PID). Kontroler proporsional integral derivative dipilih karena karakteristik plant tersebut membutuhkan control yang cepat dan meminimalkan *overshoot* untuk dapan menghasilkan suhu yang konduusif pada plant *Rotary Dryer*.

Ziegler dan Nichols 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 kurve S seperti pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 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 tangen pada titik pembelokan dari kurva S, dan menentukan perpotongan antara garis tangen dengan sumbu waktu t dan sumbu $c(t) = K$.

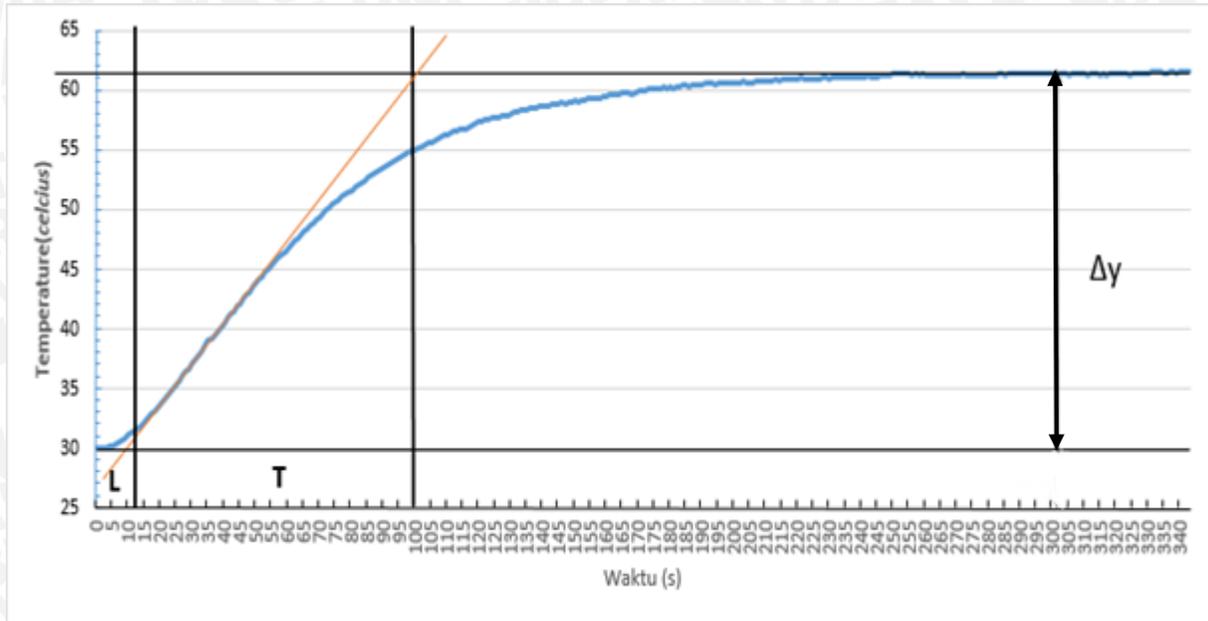
Langkah menentukan *tuning* parameter dengan metode 1 *Ziegler-Nichols* adalah sebagai berikut :

1. Menarik garis *tangent* pada titik infleksi pada grafik karakteristik *plant* seperti pada Gambar 4.8
2. Menentukan perpotongan garis *tangent* terhadap sumbu waktu t untuk mendapatkan nilai L .
3. Menentukan perpotongan garis *tangent* terhadap sumbu *steady* untuk mendapatkan nilai T .
4. Setelah mendapatkan nilai L dan T kemudian menentukan nilai K_p , T_i dan T_d sesuai ketentuan pada Gambar 4.10

Gambar 4.10 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	$1,2\frac{T}{L}$	$2L$	$0,5L$

Berikut kurva hasil perancangan kontroler menggunakan metode *Ziegler Nichols* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Karakteristik Open Loop Respon PWM 50 (Perancangan)

Dari grafik *output plant* pada gambar 4.9 didapatkan nilai :

$$\Delta u = \text{PWM } 50 \quad L = 14 \text{ s}$$

$$\Delta y = 64^\circ\text{C} \quad T = 87 \text{ s}$$

Dari pengujian tegangan pada PWM 50 sebesar 193 V, maka :

$$K = \frac{\Delta y}{\Delta u} = \frac{64-30}{193} = 0.176 \text{ }^\circ\text{C/V}$$

Setelah mendapatkan parameter yang dibutuhkan maka bisa didapatkan fungsi alih *plant* seperti yang ditunjukkan dalam persamaan.

$$G(s) = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts + 1} = \frac{0.176e^{-14s}}{87s + 1}$$

Dan diperoleh nilai K_p , K_i , K_d :

$$K_p = 1.2 \times \frac{T}{L} = 1.2 \times \frac{87}{14} = 7.45$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{7.45}{2 \times 14} = \frac{7.45}{28} = 0.26$$

$$K_d = K_p \times T_d = 7.45 \times (0.5 \times 14) = 7.45 \times 7 = 52.15$$

Dari perolehan nilai K_p , K_i , K_d maka di dapatkan persamaan transformasi laplace kontroler PID sebagai berikut :

$$C(s) = \left(K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \right) e(s) \dots \dots \dots (4-1)$$

Persamaan diatas belum bisa dimasukkan kedalam mikrokontroler maka dari itu persamaan kontinyu diatas harus diubah kedalam bentuk diskrit melalui Transformasi Z. Dalam Transformasi Z dibutuhkan waktu sampling (T_s). Digunakan metode *Backward Difference* sehingga nilai notasi s pada Laplace setara dengan

$$s = \left(\frac{1-z^{-1}}{T_s} \right) \dots \dots \dots (4-2)$$

Maka persamaan (2) disubstitusikan ke dalam persamaan (1) menjadi

$$C(z) = \left[K_p + \frac{K_i}{\frac{(1-z^{-1})}{T_s}} + K_d \frac{(1-z^{-1})}{T_s} \right] E(z)$$

$$= \left[K_p + \frac{K_i \times T_s}{(1-z^{-1})} + \frac{K_d}{T_s} (1-z^{-1}) \right] E(z)$$

Kontroler Proporsional : $C_i(z) = K_p E(z)$

Kontroler Integral : $C_i(z) = \left(\frac{K_i T_s}{1+z^{-1}} \right) x E(z)$

$$C_i(z) - C_i(z)z^{-1} = K_i T_s x E(z)$$

$$C_i(z) = C_i(z)z^{-1} + K_i T_s$$

Kontroler Diferensial :

$$Cd(z) = \frac{Kd}{Ts}(z)(1 - z^{-1})xE(z)$$

$$= \frac{Kd}{Ts}[E(z) - E(z)z^{-1}]$$

Dari persamaan diatas kemudian diubah kedalam persamaan beda sehingga didapatkan persamaan dibawah ini:

$$\text{Kontroler Proporsional} \quad : Cp(k) = Kp \times E(k)$$

$$\text{Kontroler Integral} \quad : Ci(k) = Ci(k - 1) + KiTs \times E(k)$$

$$\text{Kontroler Diferensial} \quad : Cd(k) = \frac{Kd}{Ts}[E(k) - E(k - 1)]$$

Jika digabungkan menjadi :

$$C(k) = [Kp \times E(k)] + [Ci(k - 1) + KiTs \times E(k)] + \left[\frac{Kd}{Ts}[E(k) - E(k - 1)] \right]$$

Dimana (k-1) adalah kondisi sebelumnya. Persamaan di atas telah berupa persamaan diskrit sehingga dapat dimasukkan ke dalam mikrokontroler.

4.7 Modul Arduino Uno

Pada sistem pengendalian suhu ini digunakan Arduino Uno sebagai pengolah data dalam proses pengendalian elemen panas.

Arduino Uno adalah memiliki 14 pin digital input/output, 6 analog *input*, sebuah resonator keramik 16MHz, koneksi USB, *power input*, *ICSP header* dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino UNO ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau dengan adaptor AC-DC untuk menjalankannya.

Secara fisik, ukuran Arduino UNO hampir kurang lebih 2 kali lebih kecil dari pada Arduino Mega, Tampilan Arduino UNO dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Modul Arduino Uno (Perancangan)

Tabel fungsi masing masing pin Arduino Uno dapat dilihat dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Fungsi Pin Arduino Uno

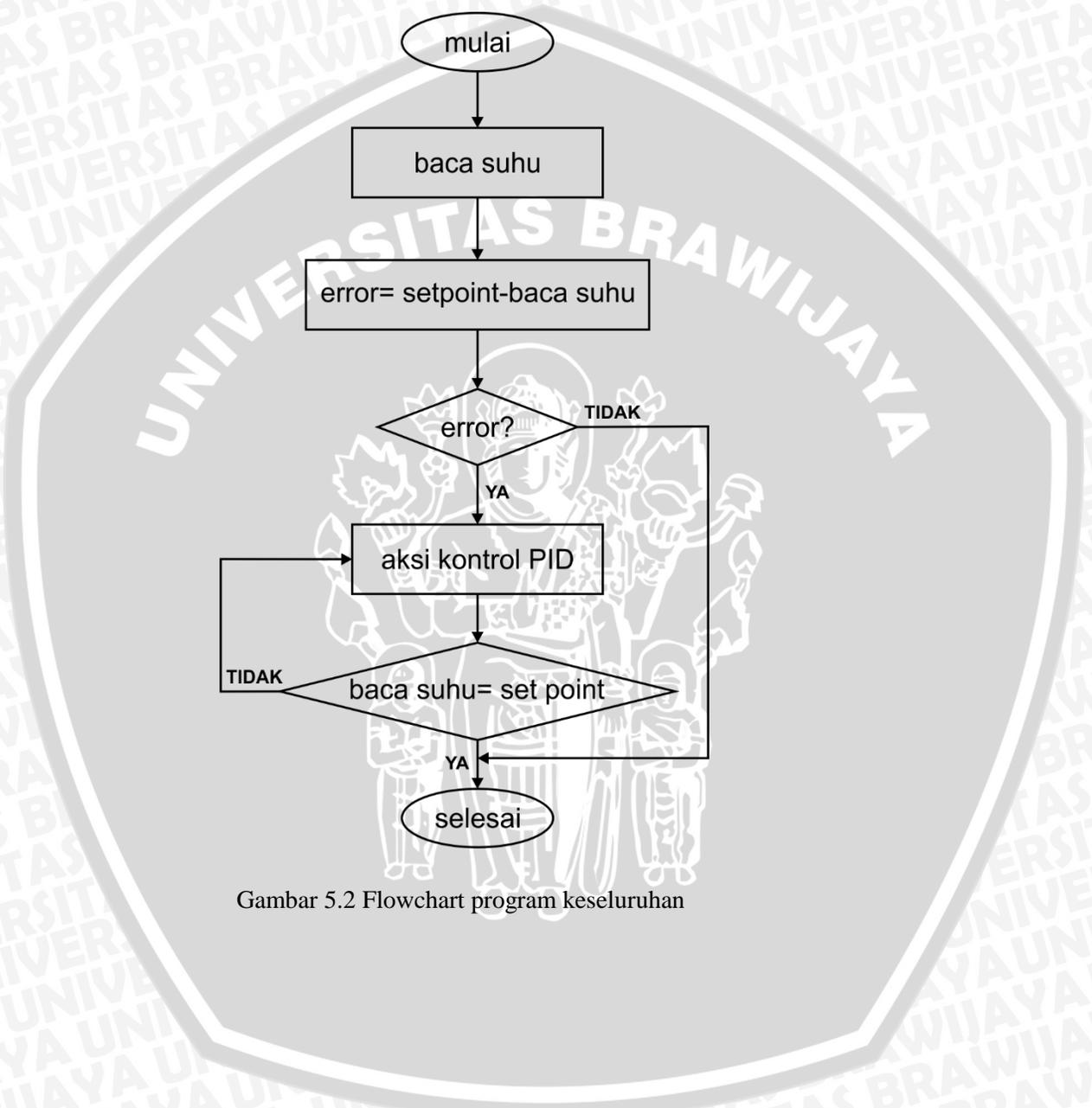
No.	Pin	Fungsi
1	2	jalur masukan <i>zero cross</i> <i>interupt</i>
2	12	lcd pin
3	5	lcd pin
8	13	lcd pin
4	4	lcd pin
6	3	lcd pin
4	8	lcd pin
5	7	<i>relay motor</i>
6	6	jalur keluaran untuk rangkaian <i>dimmer</i>
7	10	digunakan sebagai data dari sensor sht 11
8	11	digunakan sebagai <i>clock</i> dari sensor sht 11



4.8 Perancangan Perangkat Lunak

Flowchart perancangan perangkat lunak keseluruhan ditunjukkan pada Gambar

5.2.



Gambar 5.2 Flowchart program keseluruhan

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Tujuan pengujian sistem ini adalah untuk menentukan apakah alat pengeringan gabah 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 SHT11

a. Tujuan

Mengetahui kemampuan sensor SHT11 dalam membaca perubahan suhu.

b. Peralatan yang digunakan

1. Sensor SHT11.
2. Elemen pemanas (*heater*).
3. Komputer.

c. Langkah pengujian

1. Menghubungkan SHT11 dengan komputer.
2. Menghubungkan catu daya elemen pemanas dengan sumber AC.
3. Mengamati dan mencatat setiap perubahan suhu SHT11 terhadap perubahan suhu .

d. Hasil Pengujian dan Analisis

Data hasil pengujian sensor SHT11 ditunjukkan dalam Tabel 2.7. Didapatkan

Tabel 2.7 Hasil Pengujian Sensor Suhu

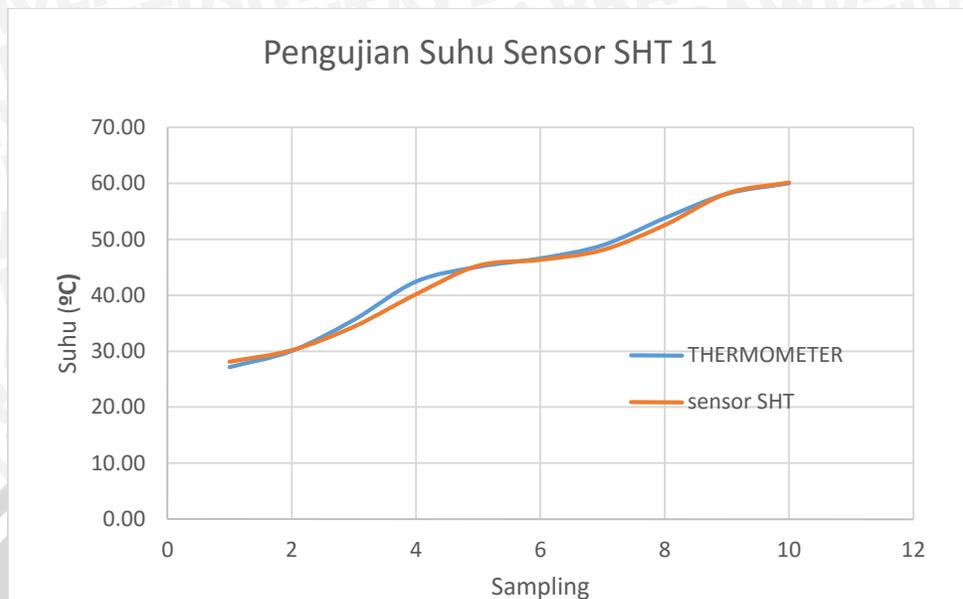
No	Data Suhu SHT11(°C)	Data Suhu Thermometer Digital (°C)
1	28	27.20
2	30.40	30
3	34.4	35.3
4	40.10	42
5	44.10	45
6	46.50	46.7
7	48.20	48.9
8	52.40	53.90
9	58.40	58
10	60.20	60.10

Perhitungan kesalahan pembacaan sensor:

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{(\sum \text{Hasil Pengukuran} - \sum \text{Referensi})}{\sum \text{Referensi}} \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{(443.60 - 447.90)}{447.90} \times 100\% = 0.96\%$$

Grafik hubungan antara Suhu Sensor SHT11 dengan Thermo-Digital dapat dilihat dalam Gambar 5.3



Gambar 5.3 Perbandingan Suhu Sensor SHT11 terhadap Thermometer Digital
(Perancangan)

5.2 Pengujian Penyulutan TRIAC

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian yang telah dirancang bisa mengatur gelombang sinusoida tegangan AC.

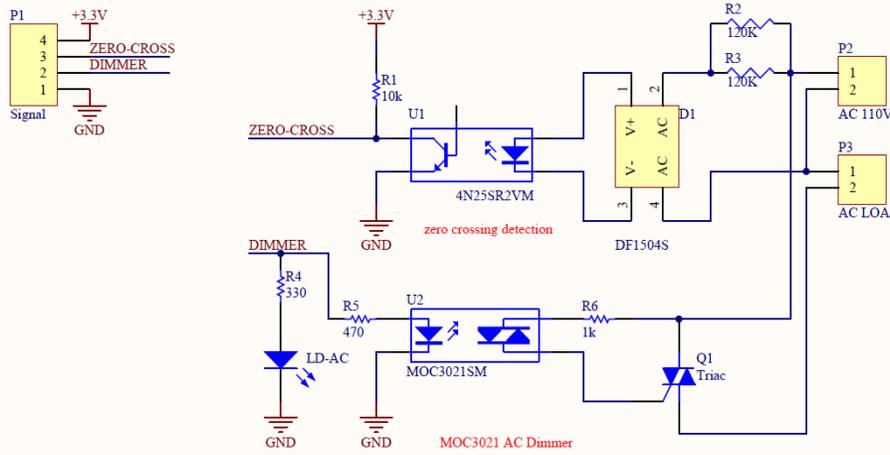
5.2.1 Peralatan yang digunakan

1. Sumber Tegangan AC.
2. Arduino UNO
3. Rangkaian *Zero Cross Detector*.
4. Rangkaian TRIAC dan MOC 3021
5. Oscilloscope
6. Multimeter
7. Komputer

5.2.2 Prosedur Pengujian

1. Membuat rangkaian seperti Gambar 5.4.
2. Menghubungkan sumber tegangan 5V ke Arduino dan ke optocoupler 4N25.
3. Menghubungkan rangkaian ke sumber tegangan AC.
4. Menghubungkan keluaran optocoupler 4N25 ke pin *interrupt* Arduino.
5. Menghubungkan salah satu pin digital I/O dari Arduino ke MOC3021.

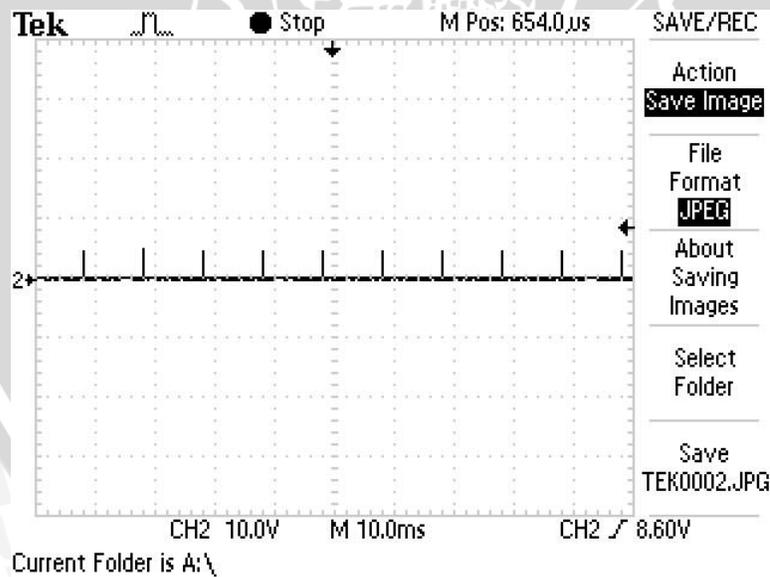
6. Menghubungkan *probe 1* oscilloscope ke keluaran Arduino dan *probe 2* ke tegangan keluaran TRIAC.



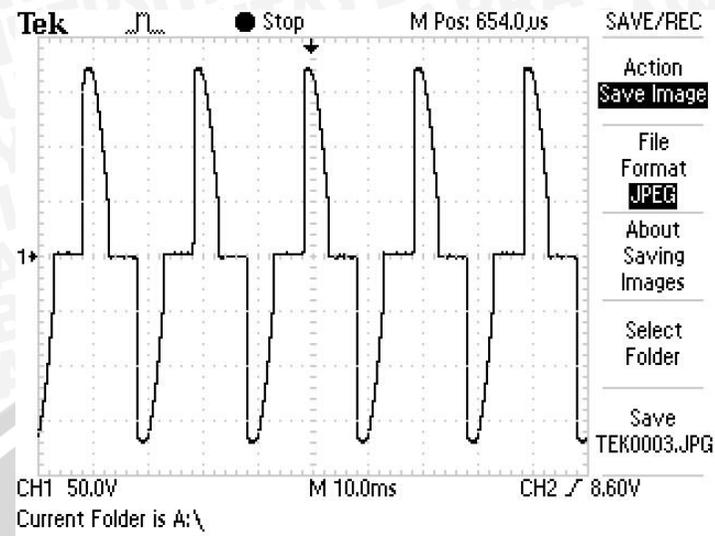
Gambar 5.4 Rangkaian Pengujian Sudut Penyalan TRIAC

5.2.3 Hasil Pengujian

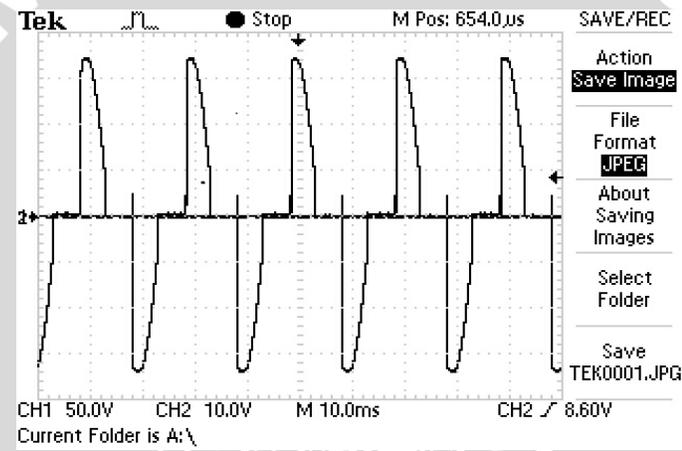
Dari pengujian penyalan TRIAC didapatkan hasil pengujian berupa bentuk gelombang keluaran TRIAC sesuai dengan sudut penyalannya. Contoh hasil keluaran gelombang untuk sudut penyalan 90° atau dengan PWM 64 ditunjukkan pada Gambar 5.5.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5.5 Bentuk Gelombang Keluaran (a), Bentuk gelombang Keluaran TRIAC (b), Bentuk Gelombang Keluaran Arduino dan TRIAC (c) dengan sudut penyalan 90° (Pengujian)

Tabel 2.8 Hasil Pengujian Sudut Penyalaan TRIAC (Pengujian)

Sudut Penyalaan (°)	PWM	Perhitungan waktu tunda (ms)	Pengujian waktu tunda (ms)
90	64,00	5,00	5,4
105	74,67	5,83	6,2
120	85,33	6,67	7
135	96,00	7,50	7,6
150	106,67	8,33	8,2
165	117,33	9,17	9

Berdasarkan data hasil pengujian sudut penyalaan TRIAC yang didapatkan pada Tabel 2.8 terjadi penyimpangan waktu tunda dengan data hasil perhitungan. Contoh perhitungan pengujian dengan sampel data ke-2:

$$\begin{aligned} \text{Waktu tunda (ms)} &= \frac{\text{Sudut Penyalaan}}{180^\circ} \times 10 \\ &= \frac{105^\circ}{180^\circ} \times 10 \\ &= 5,83 \text{ ms} \end{aligned}$$

Nilai kesalahan yang didapat dari selisih *absolute* perhitungan dan pengujian sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan (ms)} &= |\text{Perhitungan} - \text{Pengujian}| \\ &= |5,83 - 6,2| = 0,37 \\ \text{Kesalahan (\%)} &= \frac{\text{Kesalahan}}{\text{Data Perhitungan}} \times 100\% \\ &= \frac{0,37}{5,83} \times 100\% \\ &= 6,29\% \end{aligned}$$

Contoh perhitungan pengujian dengan sampel data ke-4 :

$$\begin{aligned} \text{Waktu tunda (ms)} &= \frac{\text{Sudut Penyalaan}}{180^\circ} \times 10 \\ &= \frac{135^\circ}{180^\circ} \times 10 \\ &= 7,5 \text{ ms} \end{aligned}$$

Nilai kesalahan yang didapat dari selisih *absolute* perhitungan dan pengujian sebesar

$$\begin{aligned}\text{Kesalahan (ms)} &= |\text{Perhitungan} - \text{Pengujian}| \\ &= |7,5 - 7,6| = 0,1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kesalahan (\%)} &= \frac{\text{Kesalahan}}{\text{Data Perhitungan}} \times 100\% \\ &= \frac{0,1}{7,5} \times 100\% \\ &= 1,33\%\end{aligned}$$

Contoh perhitungan pengujian dengan sampel data ke-6 :

$$\begin{aligned}\text{Waktu tunda (ms)} &= \frac{\text{SudutPenyalaaan}}{180^\circ} \times 10 \\ &= \frac{165^\circ}{180^\circ} \times 10 \\ &= 9,17 \text{ ms}\end{aligned}$$

Nilai kesalahan yang didapat dari selisih *absolute* perhitungan dan pengujian sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Kesalahan (ms)} &= |\text{Perhitungan} - \text{Pengujian}| \\ &= |9,17 - 9| = 0,17\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kesalahan (\%)} &= \frac{\text{Kesalahan}}{\text{Data Perhitungan}} \times 100\% \\ &= \frac{0,17}{9,17} \times 100\% \\ &= 1,82\%\end{aligned}$$

Hasil perhitungan kesalahan pengujian secara keseluruhan dapat dilihat pada

Tabel 2.9

Tabel 2.9 Kesalahan Pengujian Sudut Penyalaan TRIAC

Sudut Penyalaan (°)	Perhitungan waktu tunda (ms)	Pengujian waktu tunda (ms)	Kesalahan (ms)	Kesalahan (%)
90	5,00	5,4	0,40	8,00%
105	5,83	6,2	0,37	6,29%
120	6,67	7	0,33	5,00%
135	7,50	7,6	0,10	1,33%
150	8,33	8,2	0,13	1,60%
165	9,17	9	0,17	1,82%
Rata Rata Kesalahan (%)				4,01%

Dari hasil perhitungan kesalahan pengujian secara keseluruhan didapatkan nilai rata-rata kesalahan keseluruhan sebesar 4.01%. Kesalahan ini dikarenakan adanya proses perhitungan dan pembulatan angka oleh mikrokontroler dan sumber AC yang tidak ideal baik dari frekuensi dan bentuk gelombang tegangan, sehingga menyebabkan adanya selisih antara perhitungan dan pengukuran. Berdasarkan analisis di atas bisa disimpulkan bahwa mikrokontroler mampu menghasilkan sudut penyalaan yang sesuai dengan yang diberikan.

5.3 Pengujian Rangkaian Dimmer

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian *dimmer* dapat digunakan sebagai *driver* untuk elemen pemanas.

5.3.1 Peralatan yang Digunakan

1. Sumber Tegangan AC.
2. Arduino UNO.
3. Rangkaian *Dimmer*.
4. Multimeter.
5. Komputer.

5.3.2 Prosedur Pengujian

1. Menghubungkan rangkaian *dimmer* dengan Arduino.
2. Menghubungkan rangkaian *dimmer* dengan sumber AC.
3. Menghubungkan Arduino dengan komputer.
4. Memberikan beban lampu pada rangkaian *dimmer*.
5. Memberikan nilai PWM pada rangkaian *dimmer* melalui Arduino.
6. Mengukur tegangan yang dikeluarkan rangkaian *dimmer* kepada beban.
7. Mengukur suhu yang dihasilkan rangkaian *dimmer* kepada plant.
8. Mengukur karakteristik grafik respon suhu yang dihasilkan oleh *dimmer* kepada plant.

5.3.3 Hasil Pengujian

- Dari hasil pengujian rangkaian *dimmer* didapatkan hasil berupa nilai tegangan yang berbeda-beda sesuai dengan nilai PWM yang diberikan Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Perbandingan Nilai PWM Terhadap Tegangan

No.	PWM	Tegangan (VAC)
1	125	7
2	115	24
3	105	49
4	95	78
5	85	108
6	75	136
7	65	160
8	55	180
9	45	214
10	35	220
11	25	223
12	15	227
13	5	228

Dari Tabel 2.10 dapat disimpulkan bahwa rangkaian *dimmer* dapat berfungsi dengan baik dan dapat digunakan sebagai *driver* aktuator (elemen pemanas), ditandai dengan adanya perubahan tegangan akibat perubahan nilai PWM yang diberikan.

- Dari hasil pengujian rangkaian *dimmer* didapatkan juga hasil nilai berupa suhu *steadystate* yang berbeda-beda sesuai dengan nilai PWM yang diberikan Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Perbandingan Nilai PWM Terhadap *steadystate* Suhu

No.	PWM	Suhu <i>Steadystate</i> (°C)
1	125	28
2	115	28
3	105	29
4	95	35
5	85	42
6	75	48
7	65	54
8	55	63
9	45	65
10	35	73
11	25	76
12	15	76
13	5	76

Dari Tabel 2.11 dapat disimpulkan bahwa rangkaian *dimmer* dapat digunakan sebagai *driver* aktuator (elemen pemanas), ditandai dengan adanya perubahan suhu *steadystate* akibat perubahan nilai PWM yang diberikan.

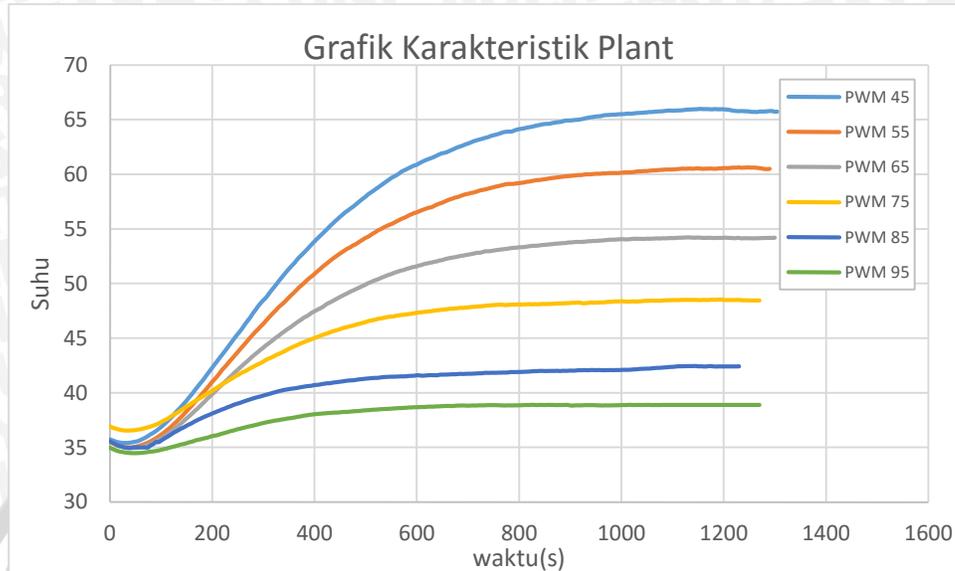
- Dari hasil pengujian rangkaian *dimmer* didapatkan hasil nilai berupa suhu *steadystate* yang berbeda-beda sesuai dengan nilai Tegangan yang diberikan Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Perbandingan Nilai Tegangan Terhadap *Steadystate* Suhu

No.	Tegangan (V)	Suhu <i>Steadystate</i> (°C)
1	7	28
2	24	28
3	49	29
4	78	35
5	108	42
6	136	48
7	160	54
8	180	63
9	214	65
10	220	73
11	223	76
12	227	76
13	228	76

Dari Tabel 2.11 dapat disimpulkan bahwa rangkaian *dimmer* dapat digunakan sebagai *driver* aktuator (elemen pemanas), ditandai dengan adanya perubahan suhu *steadystate* akibat perubahan nilai tegangan yang diberikan.

- Dari hasil pengujian rangkaian *dimmer* didapatkan hasil nilai karakteristik grafik respon plant *rotary dryer* Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Dari Gambar 5.6 dapat disimpulkan bahwa grafik karakteristik respon pada rangkaian *dimmer* dapat digunakan sebagai *driver* aktuator (elemen pemanas), ditandai dengan adanya perubahan suhu *steadystate* akibat perubahan nilai PWM yang diberikan.

5.4 Pengujian Keseluruhan Sistem

a. Tujuan

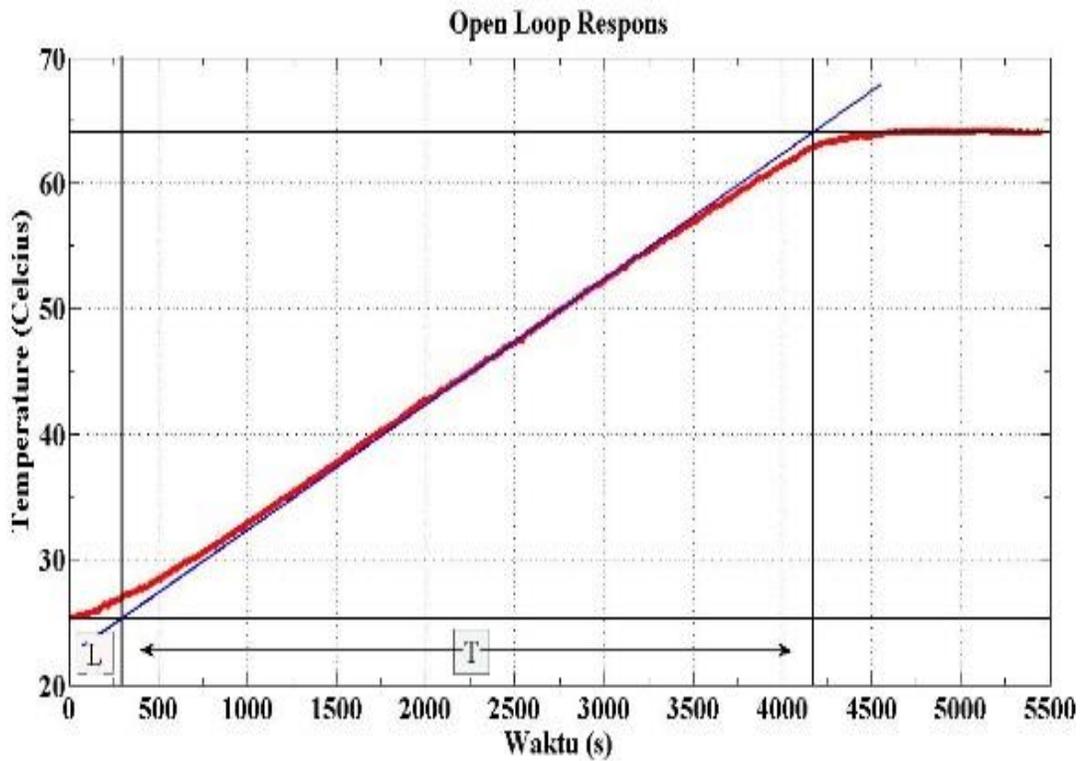
Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai kontroler yang di butuhkan agar sistem bekerja sesuai dengan setpoint 50°-60°C.

b. Peralatan

- Rangkaian sistem keseluruhan
- Perangkat monitor, keyboard dan mouse
- Aplikasi Arduino UNO
- Catu daya 12 v dan 220 v
- Program keseluruhan sistem

c. Langkah Pengujian

Dalam pengujian sistem secara keseluruhan ini perlu dilakukan terlebih dahulu pencarian parameter PID menggunakan metode *Ziegler-Nichols* dari pembacaan grafik sistem tanpa kontroler seperti yang terlihat dalam Gambar 5.7



Gambar 5.7 Grafik pencarian Parameter PID dengan metode *Ziegler-Nichols*

Dari grafik diatas didapat nilai paramter K_p, K_i dan K_d :

$$K_p = 1.2 \times \frac{T}{L} = 1.2 \times \frac{87}{14} = 7.45$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{7.45}{2 \times L} = \frac{7.45}{2 \times 14} = 0.26$$

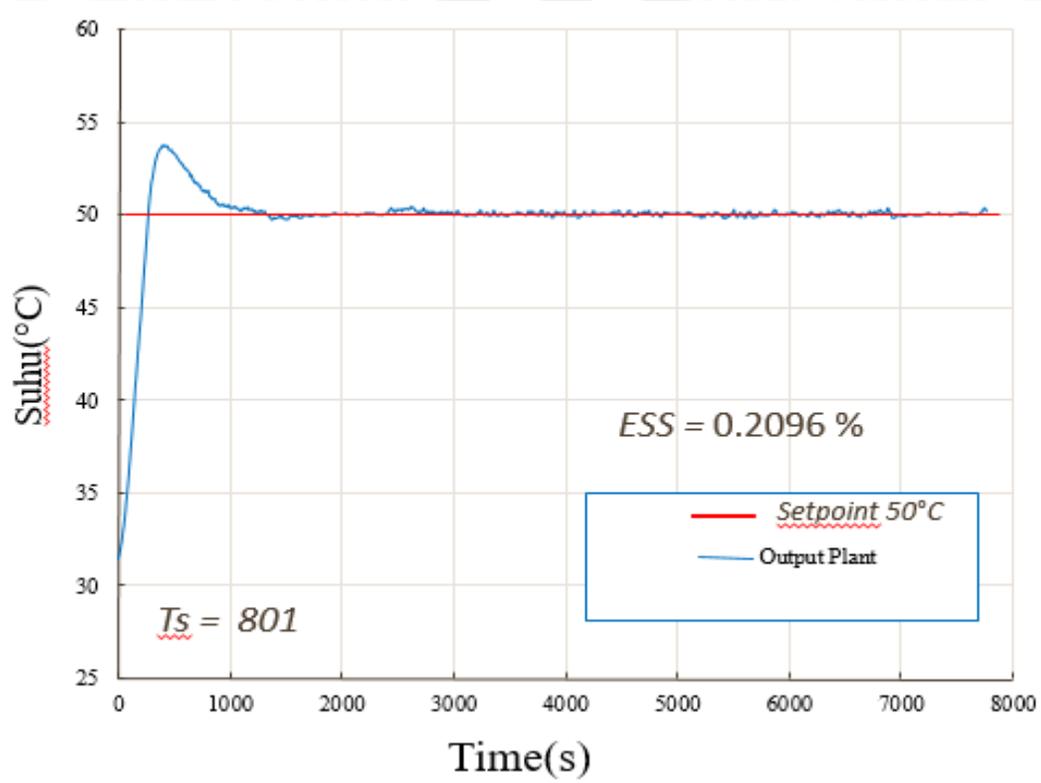
$$K_d = K_p \times T_d = 7.45 \times (0.5 \times 14) = 7.45 \times 7 = 52.15$$

d. Hasil Pengujian

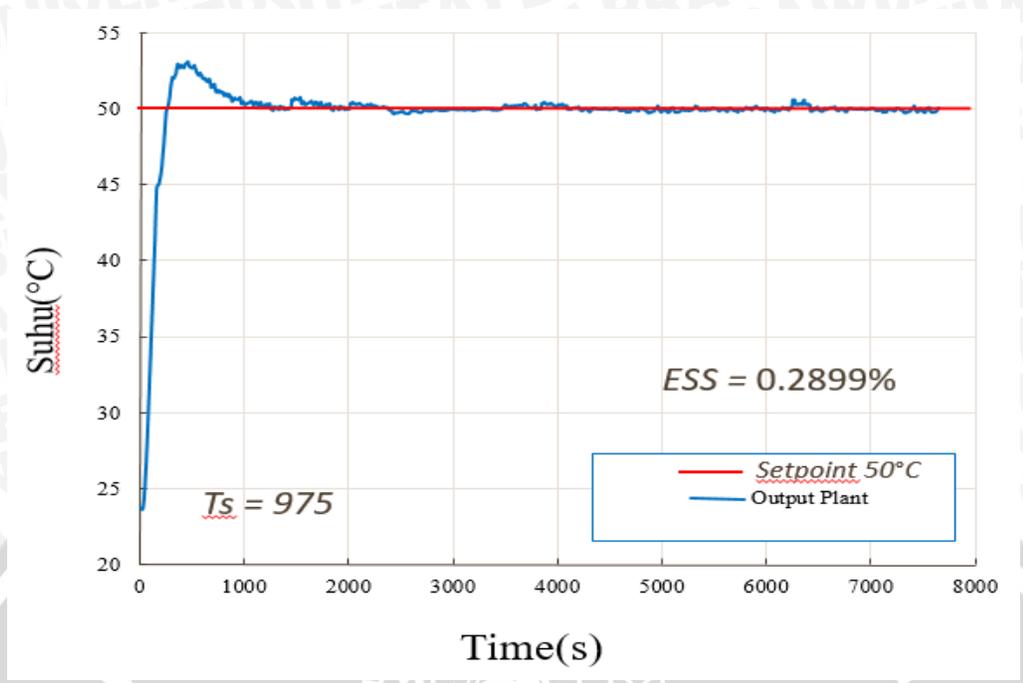
Pengujian sistem secara keseluruhan ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai kontroler yang dibutuhkan agar sistem bekerja sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan serta mengetahui hasil respon.

Pengujian ini dilakukan pada perbedaan kondisi yaitu pada Siang hari pukul 14.00 WIB dan Malam hari 20.00 WIB.

- Pengujian pada plant *Rotary Dryer* ini dengan setpoint 50°C pukul 14.00WIB pada siang hari, Gambar 5.8 dan pukul 20.00WIB pada malam hari, Gambar 5.9.



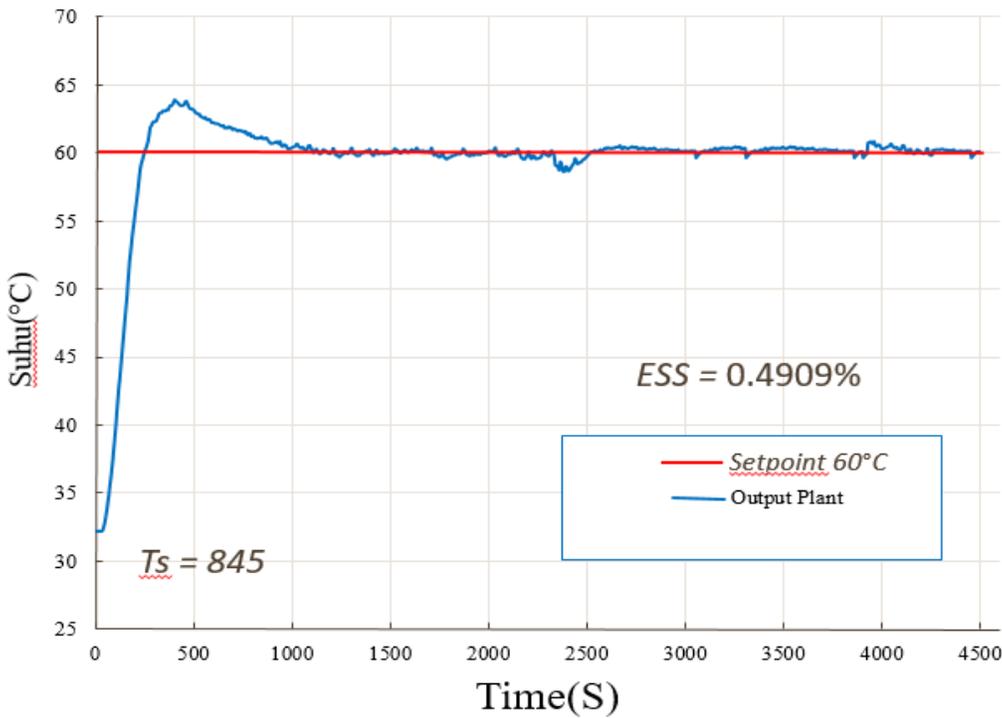
Gambar 5.8 Grafik *output plant* setpoint 50°C pukul 14.00WIB



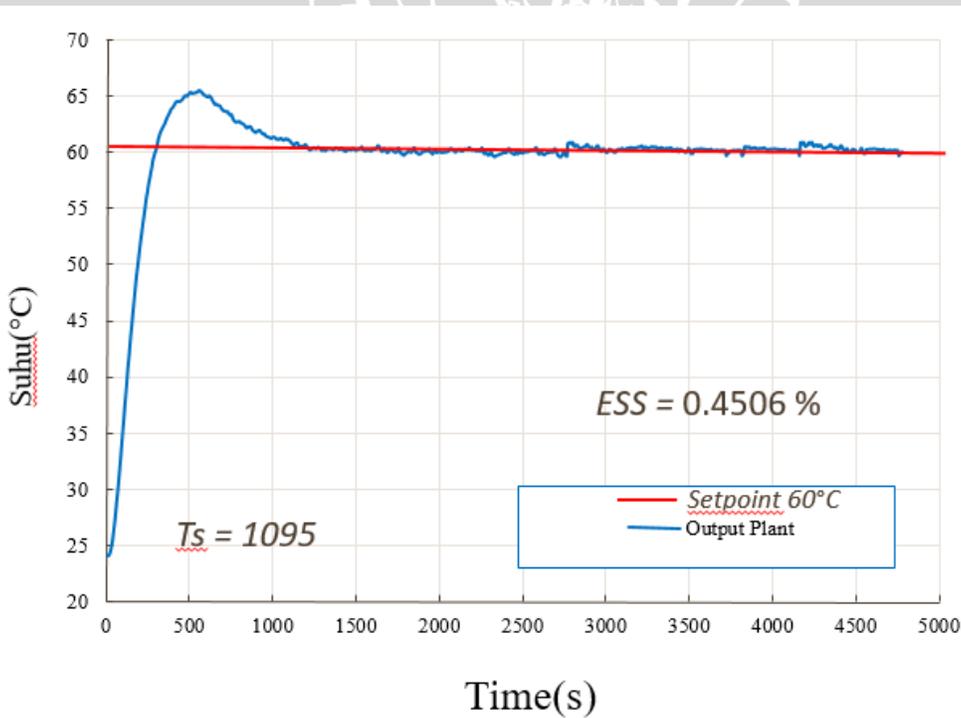
Gambar 5.9 Grafik *output plant* setpoint 50°C pukul 20.00 WIB

Dari grafik *output plant* dalam Gambar 5.8 dapat disimpulkan *settling time* sebesar 801 detik, dan *error steady statenya* 0,2096 % dan Gambar 5.9 dapat disimpulkan *settling time* sebesar 975 detik, dan *error steady statenya* 0,2899 %.

- Pengujian pada plant *Rotary Dryer* ini dengan setpoint 60°C pukul 14.00WIB pada siang hari, Gambar 5.10 dan pukul 20.00WIB pada malam hari, Gambar 5.11.



Gambar 5.10 Grafik *output plant* setpoint 60°C pukul 14.00WIB



Gambar 5.11 Grafik *output plant* setpoint 60°C pukul 20.00WIB

Dari grafik *output plant* dalam Gambar 5.10 dapat disimpulkan *settling time* sebesar 845 detik, dan *error steady statenya* 0,4909 % dan Gambar 5.11 dapat disimpulkan *settling time* sebesar 1095 detik, dan *error steady statenya* 0,4506 %.

5.5 Pengujian Hasil Kadar air pada Gabah

Hasil pengujian kadar air pada gabah ditunjukkan dalam tabel 5.8

Tabel 5.8 Data lama proses pengeringan dan kadar air yang dihasilkan.

Kadar air awal (%)	Waktu (menit)	Kadar air akhir (%)	
		50°C	60°C
26	30	26%	26%
26	60	25%	24%
26	90	20%	18%
26	120	18%	13%
26	150	14%	-

Dalam pengujian ini sampel gabah diambil setiap 30 menit sekali selama proses pengeringan. Proses pengeringan bertujuan untuk menurunkan kadar air gabah pada kisaran 13% - 14% RH. Dari data dalam tabel 5.8 diketahui bahwa kadar air awal 26%, untuk menurunkan kadar air pada *setpoint* 50°C dibutuhkan waktu selama 150 menit dan pada *setpoint* 60°C dibutuhkan waktu selama 120 menit.



BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari beberapa langkah yang telah dilakukan mulai dari perancangan, pengujian setiap blok hingga pengujian keseluruhan dengan metode *Ziegler-Nichols* menggunakan PID, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengeringan gabah menggunakan alat *Rotary Dryer* dapat berfungsi dengan baik yaitu, telah mampu menurunkan kadar air dalam gabah. Berdasarkan hasil dapat disimpulkan bahwa penelitian ini diketahui bahwa suhu udara pengering 60°C mampu menghasilkan waktu pengeringan tersingkat. Diharapkan sistem pengeringan ini memberikan manfaat kepada para petani sehingga kendala cuaca yang mungkin dihadapi saat musim panen tiba dapat teratasi.
2. Perancangan kontroler dengan metode *Ziegler-Nichols* didapatkan parameter PID dengan nilai $K_p = 7,45$ $K_i = 0,26$ dan $K_d = 52,15$. Dari hasil implementasi, respon dengan nilai *setpoint* 50°C pada pukul 14.00 WIB dan 20.00 WIB didapatkan *settling time* masing-masing adalah 801 detik dan 975 detik. Pengujian *setpoint* 60°C pada pukul 14.00 WIB dan 20.00 WIB didapatkan *settling time* masing-masing adalah 845 detik dan 1095 detik. Nilai *error steady state* pada *setpoint* 50°C pukul 14.00 WIB dan 20.00 WIB masing-masing adalah 0,2096% dan 0,2899%. Nilai *error steady state* pada *setpoint* 60°C pukul 14.00 WIB dan 20.00 WIB masing-masing adalah 0,4909% dan 0,4506%.

6.2 Saran

Dalam skripsi ini masih terdapat kelemahan dalam beberapa hal. Untuk memperbaiki kelemahan tersebut maka disarankan:

1. Perlu diperhatikannya bentuk dari alat *Rotary Dryer* agar gabah tidak berjatuhan saat *Rotary Dryer* berputar.
2. Menggunakan metode pengontrolan lain untuk mendapatkan respon yang lebih baik.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- Karbassi, A. and Z.Mehdzabeh (2008). *Drying Rough Rice in a Fluidized Bed Dryer*, *J. Agric. Sci. Technol.*, Vol. 10:233-241
- Waries, A. 2006. *Teknologi Penggilingan Padi*. Gramedia Pustaka Utama.
- Bonazzi, C., M.A. du Peuty dan A. Themelin (1997). *Influence of Drying Condition On The Processing Quality of Rough Rice*. In: *Drying Technology: An International Journal*. Mujumdar, A.S. (Ed.), McGill University, Quebec, pp.1141-1157.
- Kahar, A. (2007). Pengaruh Laju Alir dan Diameter Partikel Zeolit Pada Proses Penjerapan Fenol Terlarut dalam Limbah Cair Industri Kayu. *Jurnal Kimia Mulawarman* Vol.4 (2), pp: 26-31
- Listyawati (2007). *Kajian Susut Pasca Panen dan Pengaruh Kadar Air Gabah Terhadap Mutu Beras Giling Varietas Ciherang (Studi Kasus di Kecamatan Tegalsari, Kabupaten Karawang)*. Institut Pertanian Bogor: *Skripsi*
- Ogata, K. 1997. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sensirion. 2002. SHT1x Relative Humidity & Temperature Sensor System. <http://www.sensirion.com>. Zurich: Sensirion. (Diakses 1 oktober 2015)
- Inmojo. 2010. *Digital AC dimmer Module*. <http://www.inmojo.com/store/inmojo-market/item/digital-ac-dimmer-module/>. (Diakses 7 juli 2015)