



**RANCANG BANGUN ALAT FERMENTASI TEMPE BERBASIS *ADAPTIVE NEURO*
FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)**

SKRIPSI

Oleh

Alkindi Pri Paramanandhana

NIM 121910201109

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**RANCANG BANGUN ALAT FERMENTASI TEMPE BERBASIS *ADAPTIVE NEURO*
FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)**

SKRIPSI

Diajukan guna memenuhi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Alkindi Pri Paramanandhana

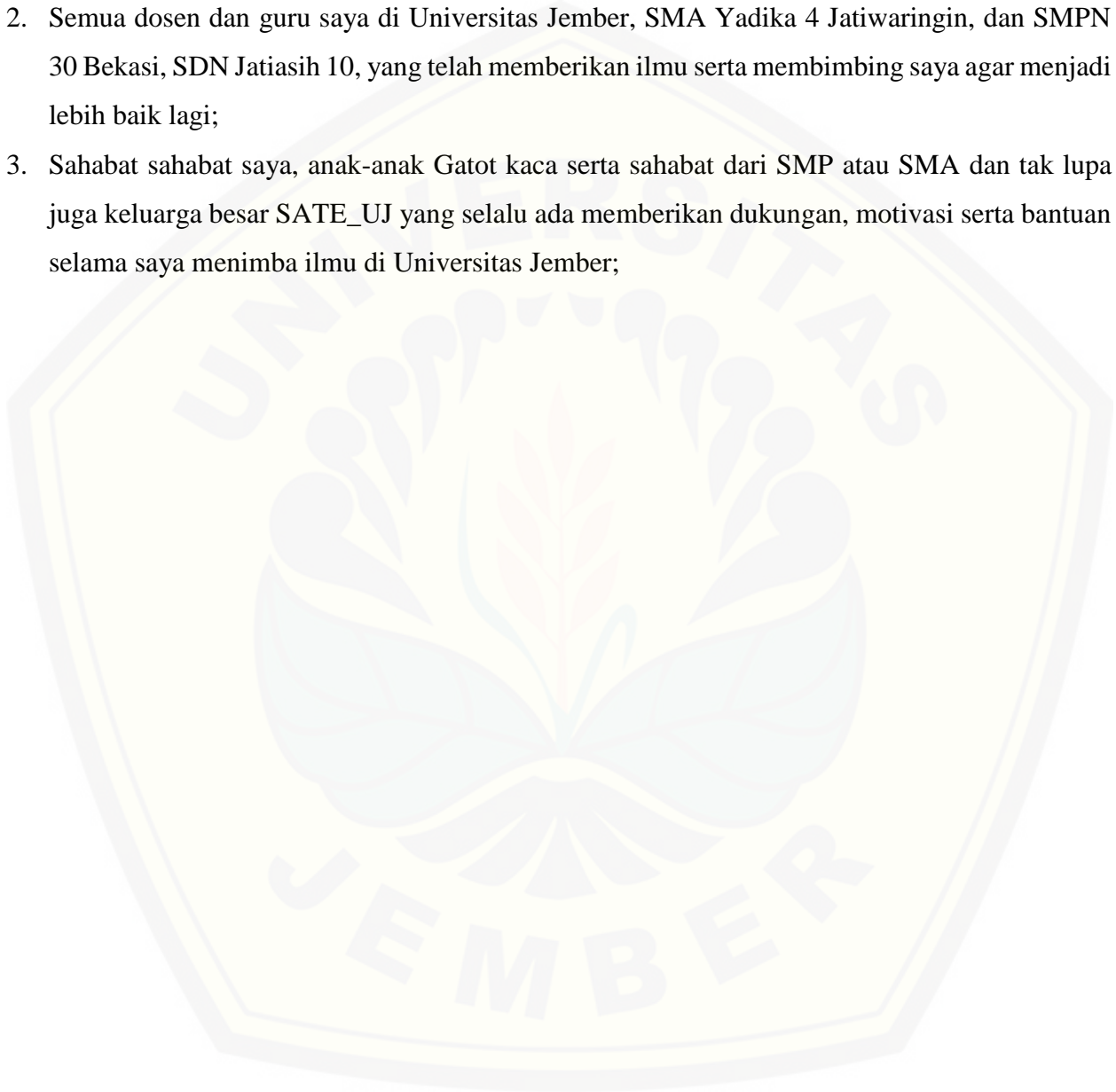
NIM 121910201109

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Dengan ridho dari Allah skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Ibu dan ayah saya Dwi wahyu lestarini dan Lilis pri siswayudi yang memberikan segalanya;
2. Semua dosen dan guru saya di Universitas Jember, SMA Yadika 4 Jatiwaringin, dan SMPN 30 Bekasi, SDN Jantiasih 10, yang telah memberikan ilmu serta membimbing saya agar menjadi lebih baik lagi;
3. Sahabat sahabat saya, anak-anak Gatot kaca serta sahabat dari SMP atau SMA dan tak lupa juga keluarga besar SATE_UJ yang selalu ada memberikan dukungan, motivasi serta bantuan selama saya menimba ilmu di Universitas Jember;



MOTTO

“Saya tak tahu, berapa waktu yang tersisa untuk saya. Satu jam, satu hari, satu tahun, sepuluh, lima puluh tahun lagi? Bisakah waktu yang semakin sedikit itu saya manfaatkan untuk memberi arti keberadaan saya sebagai hamba Allah di muka bumi ini? Bisakah cinta, kebajikan, maaf dan syukur selalu tumbuh dari dalam diri, saat saya menghirup udara dari Yang Maha?”

(Helvy Tiana Rosa)

Dan jika kamu menghitung-hitung nikmat Allah, niscaya kamu tak dapat menentukan jumlahnya. Sesungguhnya Allah benar-benar Maha Pengampun lagi Maha Penyayang. [QS. AN

NAHL 16:18]

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alkindi Pri Paramanandhana

NIM : 121910201109

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “RANCANG BANGUN ALAT FERMENTASI TEMPE BERBASIS *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM*” adalah benar benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 Desember 2019

Yang menyatakan,

Alkindi Pri Paramanandhana

NIM. 121910201109

SKRIPSI

RANCANG BANGUN ALAT FERMENTASI TEMPE BERBASIS *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM* (ANFIS)

Oleh

Ahmad Shoim

NIM 121910201111

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Khairul Anam, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197804052005011002

Dosen Pembimbing Anggota : R.B. Moch. Gozali, S.T., M.T.

NIP. 196906081999031002

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**RANCANG BANGUN ALAT FERMENTASI TEMPE BERBASIS
ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM**” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Senin, 30 Desember 2019

Tempat : Ruang Ujian 1 Fakultas Teknik Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Khairul Anam, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197804052005011002

R.B. Moch Gozali, S.T, M.T.
NIP. 196906081999031002

Penguji 1, Penguji 2,

Sumardi, S.T., M.T
NIP. 196701131998021001

Andrita Ceriana Eska, S.T., M.T.
NIP. 198511102014041001

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.

NIP. 196005061987021001

Rancang Bangun Alat Fermentasi Tempe Berbasis *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS)

Alkindi Pri Paramanandhana

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Alat fermentasi tempe adalah alat yang digunakan untuk membuat tempe yang memanfaatkan suhu dan kelembapan menggunakan lampu dan kipas. Tujuan utama dari alat ini adalah dengan adanya alat fermentasi tempe akan membantu menstabilkan suhu karena bakteri *Rizopus oligosporus* membutuhkan suhu sekitar 20°C sampai 37°C dan mempersingkat waktu pembuatan tempe tersebut. Alat ini menggunakan metode ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) dengan menggunakan metode ini dapat memudahkan pengaturan suhu dengan cara memasukkan setpoint yang kita inginkan maka lampu dan kipas akan menstabilkan suhu sesuai dengan setpoint yang sudah ditentukan. Hasil pengujian dari alat ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode ANFIS alat fermentasi tempe mampu membuat suhu dan kelembapan stabil di setpoint pada suhu 30°C dan pada kelembapan 50% terlihat dari suhu awal yaitu 25°C terus naik hingga menjadi 30°C sama seperti dengan kelembapan awalnya 65% terus menurun menjadi 50% dan dengan menggunakan ANFIS hanya memerlukan waktu fermentasi tempe sampai 9 jam saja berbeda dengan fermentasi tempe menggunakan manual bias sampai 20 jam lebih.

Design Of Tempe Fermentation Equipment Based On Adaptive Neuro Fuzzy Inference
System (ANFIS)

Alkindi Pri Paramanandhana

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRACT

*The tempe fermentation tool is used to make tempe that utilizes temperature and humidity using lamp and fan. The main purpose of this tool is that the tempe fermentation tool will help stabilize the temperature because the bacterium *Rizopus oligosporus* requires temperatures around 20°C to 37°C and shorten the time of making the tempe. This tool uses the ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) method using this method can make it easier to regulate temperature by entering the setpoint that we want the lamp and fan will stabilize the temperature in accordance with the setpoint that has been determined. The test results of this tool show that by using the ANFIS method the tempe fermentation tool is able to make the temperature and humidity stable at the setpoint at 30°C and at 50% humidity seen from the initial temperature of 25°C continues to rise to 30°C the same as the initial humidity 65% continues to decrease to 50% and using ANFIS only requires tempe fermentation up to 9 hours, in contrast to tempe fermentation using manual bias up to 20 hours more.*

RINGKASAN

Tempe adalah makanan berbahan baku kacang kedelai yang proses pembuatannya dengan cara di difermentasi. Kacang kedelai tersebut difermentasi oleh *Rizopus oligosporus* Kapang yang tumbuh pada kedelai menghidrolisis senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana yang mudah di cerna manusia. Tempe merupakan makanan sumber protein nabati serta kandungan gizinya pun lebih tinggi dibanding bahan bakunya yaitu kedelai.

Proses pembuatan dari tempe tersebut ada yang masih menggunakan cara tradisional dan ada juga yang sudah memakai teknologi. Untuk cara tradisional sendiri yaitu proses pembuatannya pertama rendam kedelai didalam air selama 2 hari sampai tekstur pada kedelai tempe tersebut empuk dan kulitnya mudah mengelupas. Setelah mengelupas semua cuci bersih dan kukus kedelai tersebut selama kurang lebih 1 jam setelah itu kedelai didinginkan. Saat kedelai itu dingin taburkan ragi secara merata. Pada dasarnya proses penumbuhan spora jamur tempe, yaitu *Rizopus oligosporus* pada biji kedelai Jamur yang ada di kedelai ini dapat tumbuh dengan cara melakukan pemberian ragi tempe setelah pemberian ragi tersebut di lanjutkan ke proses fermentasi pada suhu sekitar 20°C sampai dengan 37°C proses fermentasi tersebut dilakukan selama 18-36 jam.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat fermentasi tempe yang dapat mengendalikan suhu sesuai dengan yang di inginkan secara otomatis sehingga dapat mempersingkat waktu pembuatan tempe dan produsen pembuatan tempe tidak merugi..

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Alat Fermentasi Tempe Berbasis *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, karena dengan hidayah dan karunianya skripsi ini terselesaikan;
2. Khairul Anam S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama dan R.B. Moch Gozali, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
3. Sumardi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I dan Andrita Ceriana Eska ST.,MT.. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat membangun demi penyempurnaan skripsi ini;
4. Sumardi, S.T., M.T.. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
5. H.R.B. Moch.Ghozali, S.T., M.T. selaku Kaprodi S1 selanjutnya yang telah membantu penulisan skripsi secara administratif;
6. Widjonarko, S.T., M.T. selaku Komisi Bimbingan S1 yang telah membantu penulisan skripsi secara administratif;
7. Ibu Suari dan Bapak Najamudin yang telah memberikan dukungan moril dan materiil serta kasih sayang yang tak terhingga;

8. Teman-teman Elektro'12 (SATE UJ) yang telah memberikan semangat dan dorongan untuk terselesainya skripsi ini;
9. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Elektro (HME), Forum Lingkar Pena terima kasih telah memberikan aspirasi dan pembelajaran;

Penulis juga menerima semua kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Desember 2019

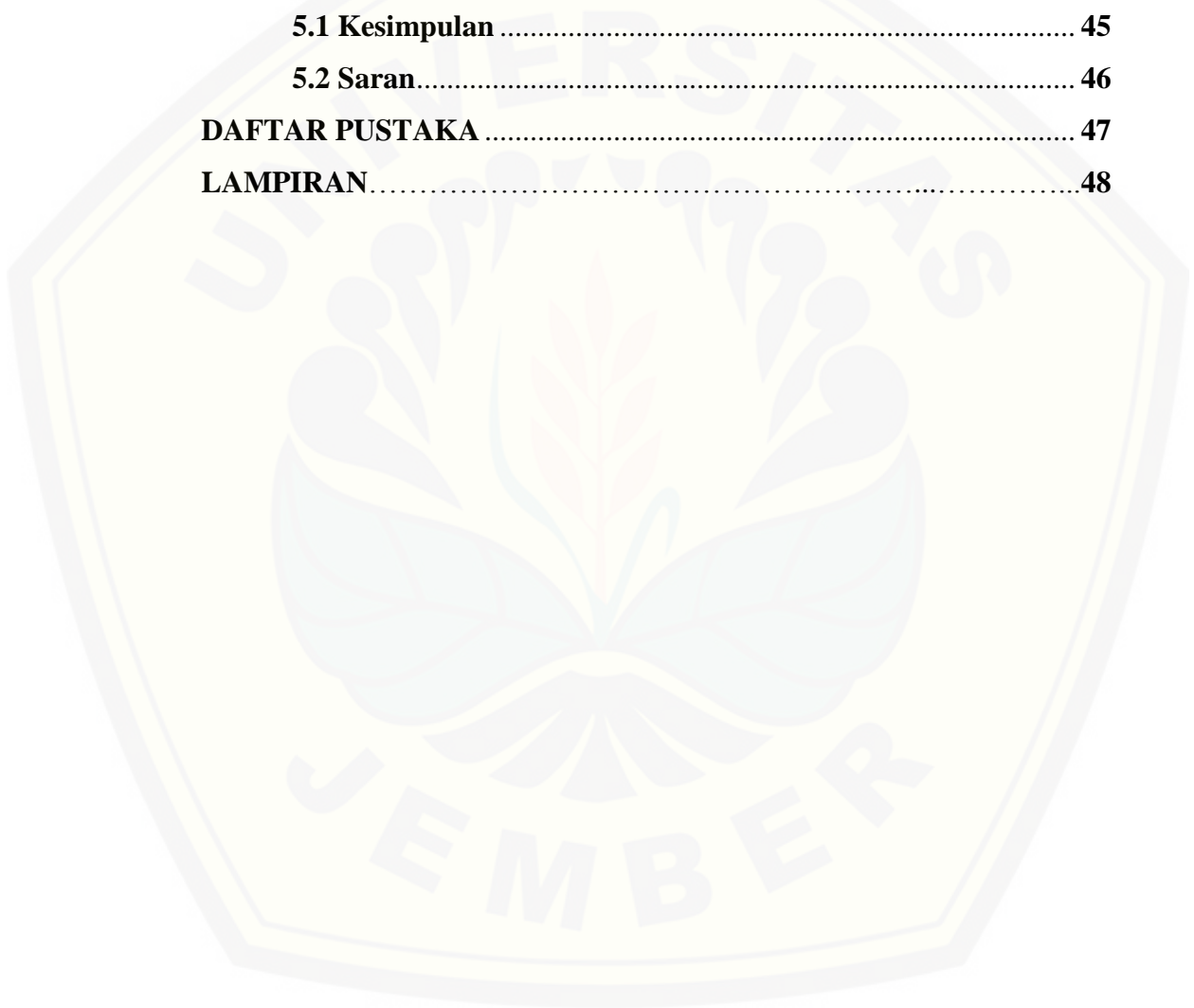
Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tempe	4
2.2 Arduino UNO R3	5
2.3 Sensor DHT22	6
2.4 LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>)	8
2.5 MOSFET	9
2.6 Dimmer PWN	11
2.7 Motor DC (<i>fan</i>)	12
2.8 Lampu	13
2.9 <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i>(ANFIS)	14
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Tahapan Penelitian	18
3.2 Perancangan Sistem	19
3.3 Rancangan ANFIS	22
3.3.1 Himpunan Masukan ANFIS.....	22
3.3.2 Perancangan Arsitektur ANFIS.....	23
3.4 Flowchart	29
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Pengujian Sensor DHT22	32

4.2 Kontrol ANFIS	34
4.3 Fermentasi Tempe Tanpa Menggunakan ANFIS	35
4.4 Pengujian Fermentasi Tempe Menggunakan ANFIS	36
4.4.1 Suhu 20°C Kelembapan 70%.....	37
4.4.2 Suhu 30°C Kelembapan 50%.....	39
4.4.3 Suhu 40°C Kelembapan 30%.....	41
BAB 5. PENUTUP.....	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	48



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kandungan Zat Gizi Kedelai dan Tempe.....	4
Tabel 2.2 Ringkasan Dari Arduino UNO.....	6
Tabel 3.1 Data Awalan Lampu dan Kipas	25
Tabel 4.1 Perbandingan Sensor dan Pengukuran Manual.....	33
Tabel 4.2 Pengujian Fermentasi Tempe Tanpa Menggunakan ANFIS	35
Tabel 4.3 Suhu 20°C Kelembapan 70%.....	37
Tabel 4.4 Suhu 30°C Kelembapan 50%.....	39
Tabel 4.5 Suhu 40°C Kelembapan 30%.....	41

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Arduino UNO R3	5
Gambar 2.2 Sensor DHT22	7
Gambar 2.3 LCD(<i>Liquid Character Display</i>)	8
Gambar 2.4 Kurva Karakteristik MOSFET	9
Gambar 2.5 Rangkaian MOSFET Sebagai Saklar Pada Kondisi Cut-Off	10
Gambar 2.6 Rangkaian MOSFET Sebagai Saklar Pada Kondisi Saturasi	11
Gambar 2.7 Dimmer PWN	12
Gambar 2.8 <i>Fan</i> (Kipas)	12
Gambar 2.9 Bagian dari Lampu	14
Gambar 2.10 Fuzzy Reasoning Type Sugeno	15
Gambar 2.11 Ekuivalen ANFIS Fuzzy Type Sugeno	15
Gambar 3.1 Rangkaian <i>Power Supply</i>	20
Gambar 3.2 Perancangan Desain Mekanik	20
Gambar 3.3 Diagram Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan	21
Gambar 3.4 Blok diagram <i>Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System</i>	22
Gambar 3.5 Blok diagram sistem kontrol	22
Gambar 3.6 Perancangan arsitektur ANFIS	23
Gambar 3.7 Himpunan model segitiga.....	24
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i>	29
Gambar 4.1 Fermentasi Tempe Menggunakan ANFIS	31
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Sensor dan Pembacaan Manual.	33
Gambar 4.3 ANFIS/Fuzzy model Sugeno	34
Gambar 4.4 Struktur ANFIS	35
Gambar 4.5 Grafik set point suhu 20° kelembapan 70%	38
Gambar 4.6 Grafik Arus dengan set point suhu 20° kelembapan 70%	38

Gambar 4.7 Grafik dengan set point suhu 30° kelembapan 50% 40
Gambar 4.8 Grafik Arus dengan set point suhu 30°C kelembapan 50% 41
Gambar 4.9 Grafik dengan set point suhu 40° kelembapan 30%43
Gambar 4.10 Grafik Arus dengan set point suhu 40°C kelembapan 30%43



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada zaman ini yang semakin maju dengan pesat, banyak teknologi yang semakin hari semakin berkembang begitu juga dengan ilmu pengetahuan. Di negara Indonesia sendiri sedang mengalami perkembangan salah satunya yaitu biokimia. Peran biokimia bagi kehidupan manusia sangat luar biasa bahkan hampir mencakup berbagai aspek kehidupan. Contohnya dalam produk pangan. Di Indonesia mempunyai makanan tradisional yang kaya dengan kandungan gizi yang sangat baik. Hampir sebagian besar masyarakat Indonesia menjadikan tempe sebagai menu harian mereka. Tempe adalah makanan berbahan baku kacang kedelai yang proses pembuatannya dengan cara di fermentasi. Kacang kedelai tersebut difermentasi oleh *Rizopus oligosporus* jamur yang tumbuh pada kedelai menghidrolisis senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana yang mudah dicerna manusia. Tempe merupakan makanan sumber protein nabati serta kandungan gizinya pun lebih tinggi dibanding bahan bakunya yaitu kedelai (Suryawinata, 2006).

Proses pembuatan dari tempe tersebut ada yang masih menggunakan cara tradisional dan ada juga yang sudah memakai teknologi. Untuk cara tradisional sendiri yaitu proses pembuatannya pertama rendam kedelai didalam air selama 2 hari sampai tekstur pada kedelai tempe tersebut empuk dan kulitnya mudah mengelupas. Setelah mengelupas semua cuci bersih dan kukus kedelai tersebut selama kurang lebih 1 jam setelah itu kedelai didinginkan. Saat kedelai itu dingin taburkan ragi secara merata. Pada dasarnya proses penumbuhan spora jamur tempe, yaitu *Rizopus oligosporus* pada biji kedelai. Jamur yang ada di kedelai ini dapat tumbuh dengan cara melakukan pemberian ragi tempe setelah pemberian ragi tersebut di lanjutkan ke proses fermentasi pada suhu sekitar 20°C sampai dengan 37°C proses fermentasi tersebut dilakukan selama 18-36 jam. Pemenuhan syarat penyimpanan ini lah yang menjadi salah satu faktor penentu baik atau tidaknya hasil produksi tempe tersebut karena jamur *Rizopus oligosporus* tersebut hanya tumbuh pada rentang suhu tersebut. Apabila tidak memenuhi syarat atau

kurang maksimal pada proses fermentasi akan terlihat setelah aktifitas pertumbuhan *Rizopus oligosporus*, yaitu setelah terbentuknya spora-spora baru yang berwarna putih-kehitaman yang pada akhirnya mengakibatkan baiknya hasil produksi tempe yang dihasilkan yang dapat ditandai dengan baunya yaitu bau amoniak dari tempe tersebut. Adanya bau amoniak ini masih dapat dirasakan sekalipun tempe telah diolah menjadi makanan, sehingga dapat menurunkan cita rasa dan kualitas dari mutu hasil.

Sedangkan untuk cara yang menggunakan teknologi ada beberapa yang sudah dikembangkan yaitu dari mahasiswa Universitas Jember dengan sistem monitoring suhu dan kelembapan pada fermentasi tempe dengan pemanfaatan modul rangkaian sensor suhu dan kelembapan dengan menggunakan sensor DHT22. Seluruh aktifitas pengontrolan sistem dilakukan oleh Arduino UNO. Tetapi pada teknologi tersebut sistem kontrol menggunakan relay 2 channel, alangkah baiknya menambahkan metode baru untuk menyempurnakannya. (Sumber : Moch. Syaiful Ansori, 2016). Kemudian dari mahasiswa Politeknik Elektronika Negeri Surabaya dengan alat sistem kontrol suhu dan kelembapan untuk optimasi proses pembuatan tempe pada skala industri rumah tangga Desain alat ini terdiri dari rangkaian power supply, rangkaian sensor, dan minimum system dari mikrokontroler ATmega16. Power supply berfungsi untuk memberikan tegangan yang dibutuhkan pada masing-masing rangkaian tersebut. Mikrokontroler ATmega16 sebagai pusat pengaturan pada rangkaian sensor, dan rangkaian aktuator. Tetapi pada teknologi tersebut masih menggunakan 3 lampu untuk pemanas dengan daya 100W jadi total dayanya adalah 300W dengan daya tersebut termasuk boros dan kurang menghemat. (Andik Setyawan, 2012)

Dengan teknologi yang sudah dikembangkan dari beberapa mahasiswa saya mengusulkan menambahkan sebuah metode yang baru yaitu sebuah metode menggunakan *adaptive neuro fuzzy inference system* (ANFIS) untuk mengatur pemanas dengan pwm untuk menstabil suhu dan kelembapan.

1.2 Masalah Rumusan

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah yang bisa diambil adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merancang alat fermentasi tempe menggunakan sensor kelembapan dan suhu.
2. Bagaimana cara merancang *adaptive neuro fuzzy inference system* (ANFIS) untuk alat fermentasi tempe.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mikrokontroler yang digunakan pada alat ini adalah arduino uno.
2. Sensor suhu dan kelembapan yang digunakan adalah sensor DHT22.
3. Tempat untuk fermentasi tempe yaitu oven kompor (37 cm x 37 cm x 27 cm).
4. *adaptive neuro fuzzy inference system* (ANFIS) hanya mengontrol suhu, kelembapan, kipas dan lampu

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat merancang dan mengetahui cara kerja alat sistem kontrol suhu dan kelembapan pada fermentasi tempe.
2. Dapat mengendalikan suhu dan kelembapan pada alat sistem kontrol suhu dan kelembapan pada fermentasi tempe.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membantu dalam proses pembuatan tempe, sehingga proses tersebut dapat berhasil tepat waktu dan dihasilkan tempe yang berkualitas.
2. Hasil produksi tempe akan stabil dan tepat waktu sesuai yang diharapkan dan produsen tempe tidak merugi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempe

Tempe adalah makanan yang dibuat dari fermentasi terhadap biji kedelai atau beberapa bahan lain yang menggunakan beberapa jenis kapang *Rhizopus*, seperti *Rhizopus oligosporus*, *Rh. oryzae*, *Rh. Stolonifer* (kapang roti), atau *Rh. arrhizus*. Fermentasi ini secara umum dikenal sebagai "ragi tempe". Kapang yang tumbuh pada kedelai menghidrolisis senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana yang mudah dicerna oleh manusia. Tempe kaya akan serat pangan, kalsium, vitamin B dan zat besi. Berbagai macam kandungan dalam tempe mempunyai nilai obat, seperti antibiotika untuk menyembuhkan infeksi dan antioksidan dan pencegah penyakit degeneratif. Secara umum, tempe berwarna putih karena pertumbuhan miselia kapang yang merekatkan biji-biji kedelai sehingga terbentuk tekstur yang memadat. Degradasi komponen-komponen kedelai pada fermentasi membuat tempe memiliki rasa dan aroma khas.

Tabel 2.1 Kandungan Zat Gizi Kedelai dan Tempe

Zat Gizi	Satuan	Komposisi Zat Gizi 100 Gram Bdd	
		Kedelai	Tempe
Energi	(Kal)	381	201
Protein	(Gram)	40,4	20,8
Lemak	(Gram)	16,7	8,8
Hidrat Arang	(Gram)	24,9	13,5
Serat	(Gram)	3,2	1,4
Abu	(Gram)	5,5	1,6
Kalsium	(Mg)	222	155
Fosfor	(Mg)	682	326
Besi	(Mg)	10	4
Karotin	(Mkg)	31	34
Vitamin A	(SI)	0	0
Vitamin B1	(Mg)	0,52	0,19
Vitamin C	(Mg)	0	0
Air	(Gram)	12,7	55,3
Bdd (Berat Yang Dapat Dimakan)	(%)	100	100

(Sumber : Komposisi Zat Gizi Pangan Indonesia Depkes RI Dir. Bin. Gizi Masyarakat dan Puslitbang Gizi 1991)

Menurut Widianarko (2002), bahwa secara kuantitatif, nilai gizi tempe sedikit lebih rendah daripada nilai gizi kedelai (Tabel 2.1). Namun, secara kualitatif nilai gizi tempe lebih tinggi karenatempemempunyai nilai cerna yang lebih baik. Hal ini disebabkan kadar protein yang larut dalam air akan meningkat akibat aktivitas enzim *Proteolitik*.

2.2 Arduino UNO R3

Arduino UNO adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital *input/output* (6 di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP *header*, dan sebuah tombol *reset*. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.



Gambar 2.1 Arduino Uno R3

(Sumber :Djuandi, Feri.2011)

Arduino Uno berbeda dari semua *board* Arduino sebelumnya, Arduino UNO tidak menggunakan *chip driver* FTDI USB-*to*-*serial*. Sebaliknya, fitur-fitur Atmega16U2 (Atmega8U2 sampai ke versi R2) diprogram sebagai sebuah pengubah USB ke serial. Revisi 2 dari *board* Arduino Uno mempunyai sebuah resistor yang menarik garis 8U2 HWB ke ground, yang membuatnya lebih mudah untuk diletakkan ke dalam [DFU mode](#). Revisi 3 dari board Arduino UNO memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut:

1. Pinout 1.0: ditambah pin SDA dan SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya yang diletakkan dekat dengan pin *RESET*, IOREF yang

memungkinkan *shield-shield* untuk menyesuaikan tegangan yang disediakan dari *board*. Untuk ke depannya, *shield* akan dijadikan kompatibel/cocok dengan *board* yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan tegangan 5V dan dengan Arduino Due yang beroperasi dengan tegangan 3.3V. Yang ke-dua ini merupakan sebuah pin yang tak terhubung, yang disediakan untuk tujuan kedepannya

2. Sirkuit *RESET* yang lebih kuat
3. Atmega 16U2 menggantikan 8U2

“Uno” berarti satu dalam bahasa Italia dan dinamai untuk menandakan keluaran (produk) Arduino 1.0 selanjutnya. Arduino UNO dan versi 1.0 akan menjadi referensi untuk versi-versi Arduino selanjutnya. Arduino UNO adalah sebuah seri terakhir dari board Arduino USB dan model referensi untuk papan Arduino.

Tabel 2.2 Ringkasan dari ARDUINO UNO

Mikrokontroler	ATmega 328
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan input yang disarankan	7-12V
Batas tegangan input	6-20V
Jumlah pin I/O digital	14
Jumlah pin <i>input</i> analog	6
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 Hz

2.3 Sensor DHT22

Sensor DHT merupakan sensor suhu dan kelembapan dari *Aosong Electronic* yang terdiri dari dua bagian yaitu sensor kelembapan kapasitif dan *thermistor*. Sensor ini tidak memerlukan rangkaian pengendali sinyal dan ADC karena menggunakan cip mikro pengendali dengan keluaran sinyal digital (Aosong, 2012). DHT memiliki banyak varian, salah satunya yaitu DHT22 (AM2302) dengan bentuk fisik seperti pada gambar 2.



Gambar 2.2 Sensor DHT22

(Sumber : Sumber : Aosong Electronics Co.2012)

DHT22 (juga dikenal sebagai AM2302) adalah sensor suhu dan kelembapan seperti DHT11, namun memiliki kelebihan sebagai berikut:

1. Keluaran sudah berupa sinyal digital dengan konversi dan perhitungan dilakukan oleh MCU 8-bit terpadu
2. Sensor terkalibrasi secara akurat dengan kompensasi suhu di ruang penyesuaian dengan nilai koefisien kalibrasi tersimpan dalam memori OTP terpadu (DHT-22 lebih akurat dan presisi dibanding DHT-11)
3. Rentang pengukuran suhu dan kelembapan yang lebih lebar
4. Mampu mentransmisikan sinyal keluaran melewati kabel yang panjang (hingga 20 meter) sehingga cocok untuk ditempatkan di mana saja. *Catatan:* bila menggunakan kabel yang panjang (di atas 2 meter), tambahkan *buffer capacitor* $0,33\mu\text{F}$ antara pin#1 (VCC) dengan pin#4 (GND).

Spesifikasi Teknis DHT22 / AM-2302:

1. Rentang catu daya: 3,3 - 6 Volt DC (tipikal 5 VDC)
2. Konsumsi arus pada saat pengukuran antara 1 hingga 1,5 mA
3. Konsumsi arus pada moda siaga antara 40-50 μA
4. Sinyal keluaran: digital lewat *bus* tunggal dengan kecepatan 5 ms / operasi (*MSB*-first)
5. Elemen pendeteksi: kapasitor polimer (*polymer capacitor*)
6. Jenis sensor: kapasitif (*capacitive sensing*)
7. Rentang deteksi kelembapan / *humidity sensing range*: 0-100% RH (akurasi $\pm 2\%$ RH)

8. Rentang deteksi suhu / *temperature sensing range*: $-40^{\circ} \sim +80^{\circ}\text{C}$ (akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$)
9. Resolusi sensitivitas / *sensitivity resolution*: 0,1%RH; $0,1^{\circ}\text{C}$
10. Pengulangan / *repeatability*: $\pm 1\%$ RH; $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$
11. Histeresis kelembapan: $\pm 0,3\%$ RH
12. Stabilitas jangka panjang: $\pm 0,5\%$ RH / tahun
13. Periode pemindaian rata-rata: 2 detik
14. Ukuran: 25,1 x 15,1 x 7,7 mm

LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD bisa memunculkan gambar atau tulisan dikarenakan terdapat banyak sekali titik cahaya (piksel) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai sebuah titik cahaya. Walau disebut sebagai titik cahaya, namun kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri.

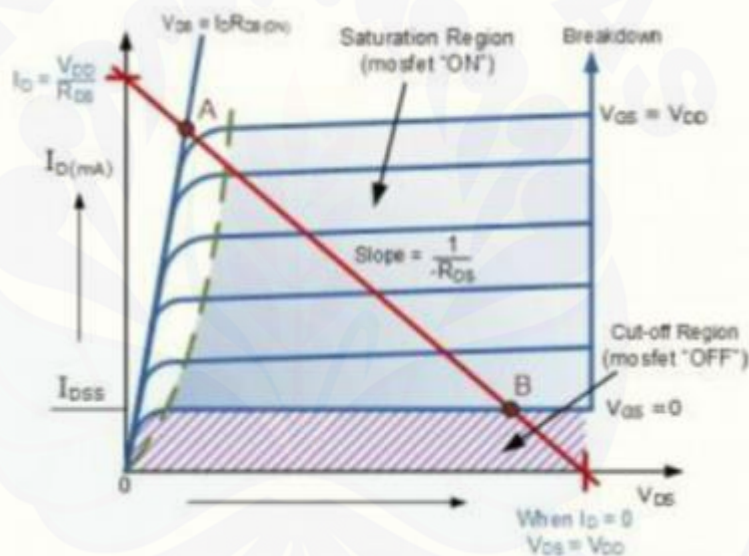
Sumber cahaya di dalam sebuah perangkat LCD adalah lampu neon berwarna putih dibagian belakang susunan kristal cair tadi. Titik cahaya yang jumlahnya puluhan ribu bahkan jutaan inilah yang membentuk tampilan citra. Kutub kristal cair yang dilewati arus listrik akan berubah karena pengaruh polarisasi medan magnetik yang timbul. Dalam menampilkan karakter untuk membantu menginformasikan proses dan kontrol yang terjadi dalam suatu program. Gambar LCD *Character Display* 16x2 adalah sebagai berikut.



Gambar 2.3 LCD *Character Display* 16x2
(Sumber : Alvis, Fernando.2010)

2.4 MOSFET

MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) merupakan salah satu jenis transistor yang memiliki impedansi masukan (gate) sangat tinggi (Hampir tak berhingga) sehingga dengan menggunakan MOSFET sebagai saklar elektronik, memungkinkan untuk menghubungkannya dengan semua jenis gerbang logika. Dengan menjadikan MOSFET sebagai saklar, maka dapat digunakan untuk mengendalikan beban dengan arus yang tinggi dan biaya yang lebih murah daripada menggunakan transistor bipolar. Untuk membuat MOSFET sebagai saklar maka hanya menggunakan MOSFET pada kondisi saturasi (ON) dan kondisi cut-off (OFF).

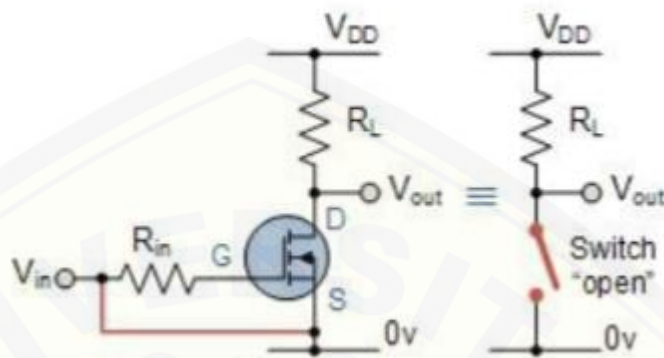


Gambar 2.4 Kurva Karakteristik MOSFET
(Sumber :Elektronika Daya, 2017)

2.4.1 Wilayah Cut-Off (MOSFET OFF)

Pada daerah Cut-Off MOSFET tidak mendapatkan tegangan input ($V_{in} = 0V$) sehingga tidak ada arus drain I_d yang mengalir. Kondisi ini akan membuat tegangan $V_{ds} = V_{dd}$. Dengan beberapa kondisi diatas maka pada daerah cut-off ini MOSFET dikatakan OFF (Full-Off). Kondisi cut-off ini dapat diperoleh dengan menghubungkan jalur input (gate) ke

ground, sehingga tidak ada tegangan input yang masuk ke rangkaian saklar MOSFET. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



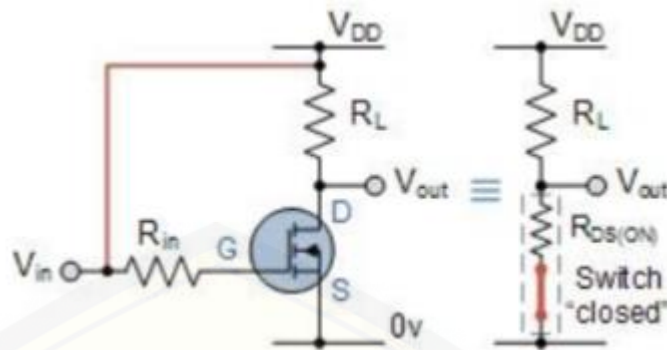
Gambar 2.5 Rangkaian MOSFET Sebagai Saklar Pada Kondisi Cut-Off
(Sumber :Elektronika Daya, 2017)

Karakteristik MOSFET pada daerah Cut-Off antara lain sebagai berikut. Input gate tidak mendapat tegangan bias karena terhubung ke ground (0V) Tegangan gate lebih rendah dari tegangan treshold ($V_{gs} < V_{th}$) MOSFET OFF (Fully-Off) pada daerah cut-off ini. Tidak arus drain yang mengalir pada MOSFET Tegangan output $V_{out} = V_{ds} = V_{dd}$ Pada daerah cut-off MOSFET dalam kondisi open circuit.

Dengan beberapa karakteristik diatas maka dapat dikatakan bahwa MOSFET pada daerah Cut-Off merupakan saklar terbuka dengan arus drain $I_d = 0$ Ampere. Untuk mendapatkan kondisi MOSFET dalam keadaan open maka tegangan gate V_{gs} harus lebih rendah dari tegangan treshold V_{th} dengan cara menghubungkan terminal input (gate) ke ground.

2.4.2 Wilayah Saturasi (MOSFET ON)

Pada daerah saturasi MOSFET mendapatkan bias input (V_{gs}) secara maksimum sehingga arus drain pada MOSFET juga akan maksimum dan membuat tegangan $V_{ds} = 0V$. Pada kondisi saturasi ini MOSFET dapat dikatakan dalam kondisi ON secara penuh (Fully-ON).



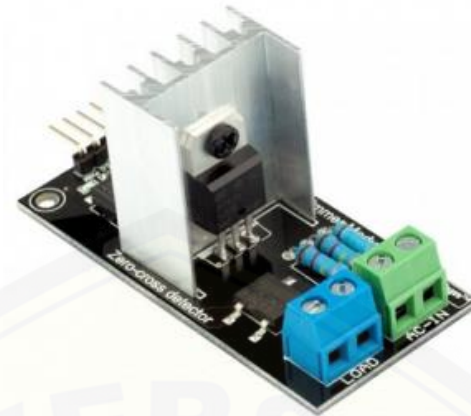
Gambar 2.6 Rangkaian MOSFET Sebagai Saklar Pada Kondisi Saturasi

(Sumber :Elektronika Daya, 2017)

Sebagai Saklar Pada Kondisi Saturasi Karakteristik MOSFET pada kondisi saturasi antar lain adalah : Tegangan input gate (V_{gs}) tinggi Tegangan input gate (V_{gs}) lebih tinggi dari tegangan treshold ($V_{gs} > V_{th}$) MOSFET ON (Fully-ON) pada daerah Saturasi Tegangan drain dan source ideal (V_{ds}) pada daerah saturasi adalah 0V ($V_{ds} = 0V$) Resistansi drain dan source sangat rendah ($R_{ds} < 0,1 \text{ Ohm}$) Tegangan output $V_{out} = V_{ds} = 0,2V (R_{ds} \cdot I_d)$ MOSFET dianalogikan sebagai saklar kondisi tertutup Kondisi saturasi MOSFET dapat diperoleh dengan memberikan tegangan input gate yang lebih tinggi dari tegangan tresholdnya dengan cara menghubungkan terminal input ke V_{dd} . Sehingga MOSFET mejadi saturasi dan dapat dianalogikan sebagai saklar pada kondisi tertutup.

Dimmer PWN

Dimmer adalah rangkaian elektronik yang memodifikasi bentuk sinyal ac murni menjadi sinyal terpotong-potong sehingga daya keluaran bisa diatur. Pemotongan sinyal ac ini berguna sebagai peredup lampu, memperlambat motor, mengatur pemanasan dan lainnya. Dimmer yang lebih kompleks menggunakan PWM sebagai pengendalinya. PWM bisa dihasilkan oleh rangkaian SCR, chip/IC PWM atau mikrokontroller. Dimmer PWM ini mampu menghasilkan tingkatan daya yang kecil, sehingga pengontrolan menjadi lebih presisi



Gambar 2.7 Dimmer PWN
(Sumber :Asep kurniawan, 2018)

Motor DC (*Fan*)

Yang dimaksud dengan *fan* adalah semua kipas yang terdapat di dalam casing komputer, *fan* ini ada yang menempel di *casing* ada juga yang menempel di atas *heatsink*. Sedangkan pada alat yang saya buat ini, kipas *fan* akan berperan sebagai *blower* yang akan menjaga sirkulasi udara didalam inkubator.



Gambar 2.8 *Fan* (kipas)
(sumber : Adam Faiz.2014)

Fungsi utama dari sebuah kipas komputer adalah mengeluarkan panas dan menggantinya dengan udara segar ke dalam sistem. Kipas pendingin ini telah

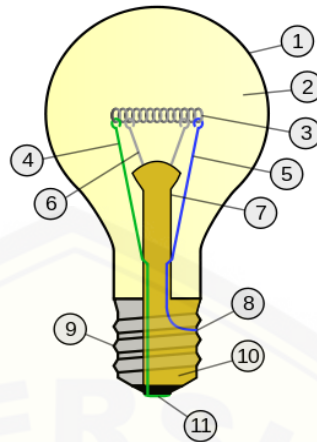
dirancang agar sesuai ditempatkan pada motherboard atau hard disk drive. Ada sekitar 3 atau 4 baling-baling kipas pada CPU. Ada juga komputer yang telah dirancang khusus sudah mempunyai kipas extra yang ditempelkan pada casing komputer yang terbuat dari alumunium, namun demikian kipas tersebut tidaklah cukup untuk meredam panas yang dihasilkan oleh CPU sehingga tetap harus dipasang kipas pendingin CPU, apalagi untuk komputer yang digunakan antara 12 hingga 15 jam sehari sehingga kipas tersebut tidak akan cukup untuk memberikan ventilasi udara yang memadai. Oleh karena itu kipas pendingin untuk CPU didesain dan telah terbukti mampu meredam panas yang dihasilkan oleh CPU walaupun komputer dioperasikan dalam jangka waktu yang lama (sumber : Adam Faiz.2014).

Lampu

Lampu adalah sumber cahaya buatan yang dihasilkan melalui penyaluran arus listrik melalui filamen yang kemudian memanaskan dan menghasilkan cahaya. Kaca yang menyelubungi filamen panas tersebut menghalangi udara untuk berhubungan dengannya sehingga filamen tidak akan langsung rusak akibat teroksidasi.

Lampu pijar dipasarkan dalam berbagai macam bentuk dan tersedia untuk tegangan kerja yang bervariasi dari mulai 1,2V hingga 30V. Energi listrik yang diperlukan lampu pijar untuk menghasilkan cahaya yang terang lebih besar dibandingkan dengan sumber cahaya buatan lainnya seperti lampu pendar dan dioda cahaya, maka secara bertahap pada beberapa negara peredaran lampu pijar mulai dibatasi (sumber : Simi Falley.2007).

Di samping memanfaatkan cahaya yang dihasilkan, beberapa penggunaan lampu pijar lebih memanfaatkan panas yang dihasilkan, contohnya adalah pemanas kandang ayam, dan pemanas inframerah dalam proses pemanasan di bidang industri. Berikut adalah bagian dari lampu.



Gambar 2.9 Bagian Dari Lampu
(sumber : Simi falley.2007)

Seperti gambar 2.10 diatas, bahwa lampu memiliki beberapa bagian-bagian diantara lain :

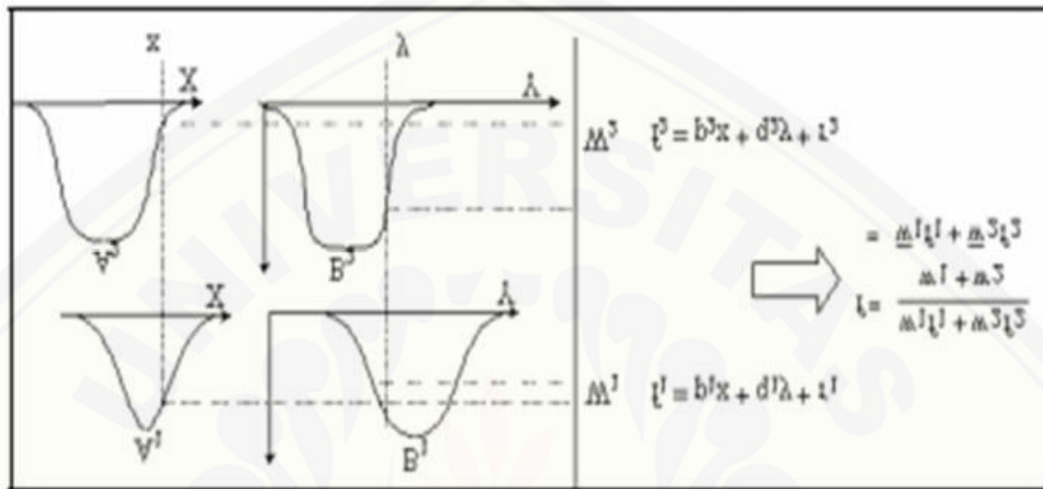
1. Bola lampu
2. Gas bertekanan rendah (argon, neon, nitrogen)
3. Filamen wolfram
4. Kawat penghubung ke kaki tengah
5. Kawat penghubung ke ulir
6. Kawat penyangga
7. Kaca penyangga
8. Kontak listrik di ulir
9. Sekrup ulir
10. *Isolator*

Kontak listrik di kaki tengah (Sumber : Simi Falley.2007)

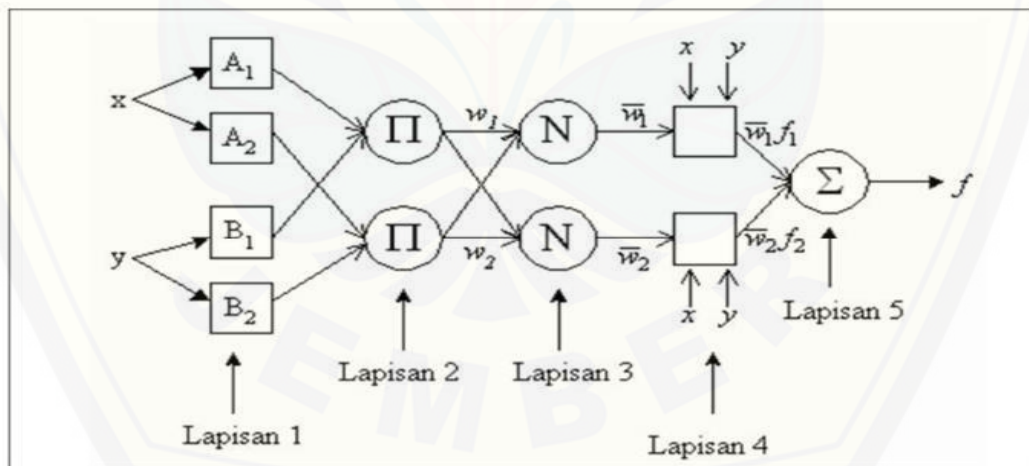
2.9 Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

ANFIS adalah penggabungan mekanisme *fuzzy inference system* yang digambarkan dalam arsitektur jaringan syaraf. Sistem inferensi *fuzzy* yang digunakan adalah sistem inferensi *fuzzy* model **Tagaki-Sugeno Kang** (TSK) orde satu dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan komputasi. Dalam proses pembelajarannya ANFIS menggunakan *Neural Network*, sedangkan penyelesaiannya menggunakan logika *fuzzy*. Parameter ANFIS dapat dipisahkan

menjadi dua, yaitu parameter premis dan konsekuensi yang dapat diadaptasikan dengan pelatihan hibrid. Pelatihan hibrid dilakukan dalam dua langkah yaitu, langkah maju dan balik. Untuk memperjelas pemahaman tentang ANFIS, maka arsitektur ANFIS dengan dua input dan dua kondisi linguistic dapat dilihat pada Gambar 2.11 dan 2.12.



Gambar 2.10 Fuzzy Reasoning Type Sugeno (Sumber : Nursalim, 2012)



Gambar 2.11 Equivalen ANFIS Fuzzy Type Sugeno (Sumber: Nursalim, 2012)

Lapis 1

Tiap-tiap neuron I pada lapisan pertama adaptif terhadap parameter suatu fungsi aktivasi. Output dari tiap neuron berupa derajat keanggotaan yang diberikan oleh

suatu fungsi keanggotaan input yaitu: $\mu_{A1}[u1]$, $\mu_{B1}[u2]$, $\mu_{A2}[u2]$. Misalkan fungsi keanggotaan diberikan sebagai:

$$\mu[x] = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}}$$

{a, b, c} adalah parameter-parameter. Jika nilai parameter ini berubah, maka bentuk kurva yang terjadipun akan ikut berubah. Parameter-parameter pada lapisan itu biasanya dikenal dengan nama *premise parameters*.

Lapis 2

Tiap node pada lapisan kedua berupa node tetap yang outputnya adalah hasil dari masukan. Biasanya digunakan operasi AND. Tiap-tiap node merepresentasikan α predikat dari aturan ke-i.

Lapis 3

Tiap-tiap node dari lapisan ketiga berupa node tetap yang merupakan hasil pernghitungan rasio dari α predikat dari aturan ke-i terhadap jumlah dari keseluruhan α predikat.

$$\bar{\alpha}_i = \frac{\alpha_i}{\alpha_1 + \alpha_2}$$

dengan : $i = 1,2$

Hasil ini dikenal dengan nama *normalized firing strength*.

Lapis 4

Tiap-tiap node pada lapisan keempat merupakan node adaptif terhadap suatu output.

$$\bar{\alpha}_i Y_i = \bar{\alpha}_i (C_{i1} U_1 + C_{i2} U_2 + C_{i0}, \dots)$$

dengan $i = 1,2$

Dengan $\bar{\alpha}_i$ adalah *normalized firing strength* pada lapisan ketiga dan { C_{i1} ; C_{i2} ; C_{i0} } adalah parameter-parameter pada lapisan tersebut disebut dengan nama *consequent parameters*.

Lapis 5

Tiap – tiap node pada lapisan kelima adalah node tetap yang merupakan jumlah dari semua masukan. Pada saat *premise parameter* ditemukan, output yang terjadi akan merupakan kombinasi linear dari *consequent parameter*, yaitu:

$$\begin{aligned} Y &= \alpha_1 Y_1 + \alpha_2 Y_2 \\ &= \alpha_1 (C_{11} U_1 + C_{12} U_2 + C_{10}) + \alpha_2 (C_{21} U_1 + C_{22} U_2 + C_{20}) \\ &= (\alpha_1 U_1) C_{11} + (\alpha_1 U_2) C_{12} + \alpha_1 C_{10} + (\alpha_2 U_1) C_{21} + (\alpha_2 U_2) C_{22} + \alpha_1 C_{20} \end{aligned}$$

Adalah linear terhadap parameter C_{ij} ($i = 1,2$ dan $j = 0,1,2$) Algoritma hibrid akan mengatur parameter-parameter C_{ij} secara maju (*forward*) dan akan mengatur parameter-parameter (a_i, b_i, c_i) secara mundur (*backward*). Pada langkah maju, input jaringan akan merambat maju sampai pada lapisan keempat, dimana parameter-parameter C_y akan diidentifikasi dengan menggunakan metode *least square*. Sedangkan pada langkah mundur, *error* sinyal akan merambat mundur dan parameter-parameter (a_i, b_i, c_i) akan diperbaiki dengan menggunakan metode *gradient-descent*.

Penentuan nilai parameter awal merupakan hal yang penting dalam menentukan hasil identifikasi. Sebelum diimplementasikan, perlu dilakukan proses identifikasi awal dari bidang kendali yang akan dikendalikan, sehingga pengimplementasian model yang dilakukan dapat mendekati bidang kendali yang sebenarnya. Hal ini akan mempengaruhi kinerja peralihan sistem kendali

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Dalam perancangan sistem monitoring suhu dan kelembapan pada fermentasi tempe berbasis *adaptive neuro fuzzy inference system* (ANFIS) dibutuhkan langkah-langkah antara lain :

1. Studi Pustaka dan Literatur

Tahapan awal dari penelitian ini adalah mencari sebuah studi pustaka dan literatur dari hasil penelitian sebelumnya yang diharapkan dengan pengkajian studi pustaka dan literatur dapat memberikan gambaran dan keyakinan bahwa penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik dan mendapatkan hasil penelitian secara maksimal serta mengurangi kesalahan dalam penelitian.

2. Pembangunan Alat

- a. Perencanaan alat

Dalam pembangunan alat tahap pertama yang harus dilakukan adalah perencanaan alat, dalam proses perencanaan harus terkonsep tahapan mulai dari desain dan skema rangkaian, program hingga terbentuknya sebuah alat.

- b. Pembelian bahan pembangunan alat

Dalam pembangunan alat tahap kedua adalah pembelian material pendukung dalam pembuatan alat. Pembelian meliputi komponen alat dan bahan yang telah dibutuhkan.

- c. Pengerjaan pembangunan alat

Tahap selanjutnya dalam pembangunan alat adalah proses instalasi alat dimana alat, bahan, dan program yang telah direncanakan direalisasikan dalam sebuah pengerjaan pembangunan alat.

3. Pengujian Alat

Tahap ketiga dari penelitian ini adalah pengujian alat, di dalam sebuah pengujian, fungsi kerja alat yang telah dibuat diharapkan sudah sesuai dengan tujuan penelitian sehingga nantinya alat yang telah dibuat dapat bekerja secara maksimal dan didapatkan parameter-parameter yang dibutuhkan dalam pembahasan dan analisa. Apabila hasil dari pengujian tidak sesuai dengan tujuan atau terdapat kesalahan dan kerusakan pada alat maka akan dilakukan perbaikan.

4. Pembahasan dan Analisa

Pada tahapan pembahasan dan analisa dilakukan analisis tentang data yang telah diperoleh dari hasil pengujian alat dan analisa hasil pengukuran, sehingga diharapkan pada tahap ini dapat ditemukan sebuah pembahasan analitis guna penyesuaian teoritis dan hasil pengujian alat yang dilakukan.

5. Penyusunan Laporan

Pada tahapan akhir penelitian ini, hasil pengambilan data dan analisa yang telah dimasukkan dalam pembahasan. Dapat ditarik beberapa kesimpulan yang menyangkut kinerja alat yang telah dibuat dan memberikan saran guna menyempurnakan alat, sehingga dapat memungkinkan terjadi pengembangan penelitian.

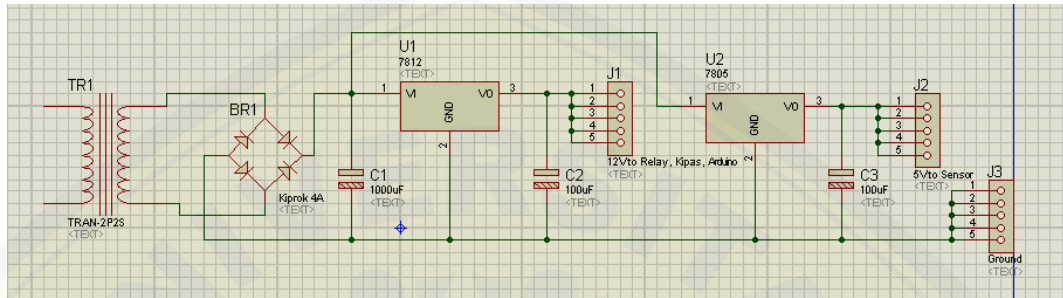
3.2 Perancangan Sistem

Untuk mempermudah dalam perancangan, maka rangkaian dipisahkan berdasarkan fungsinya. Pada gambar 3.2.1 diagram sistem kontrol suhu dan kelembapan pada alat system kontrol suhu dan kelembapan pada fermentasi tempe, menjelaskan tentang bagian-bagian dari rangkaian yang tersusun menjadi satu sistem alat dengan sebuah Arduino Uno yang sudah diprogram oleh *adaptive neuro fuzzy inference system* (ANFIS) menjadi pusat pengontrol.

3.2.1 Gambar Rangkaian *Power Supply*

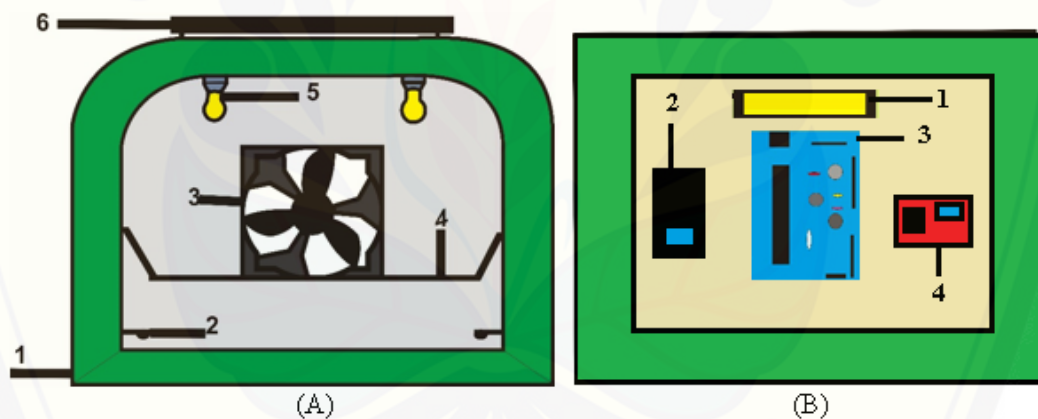
Pada alat ini, *power supply* digunakan sebagai sumber tegangan seluruh rangkaian yang digunakan agar dapat bekerja sesuai sistem mulai dari rangkaian sensor DHT22, relay 2 *channel*, kipas dc dan arduino. Dalam perancangan *power*

supply ini menggunakan *power supply* regulator. Pada rangkaian *power supply* regulator ini menggunakan 2 regulator yakni regulator 7805 yang digunakan sebagai sumber arduino dan sensor DHT22. Sedangkan regulator 7812 digunakan sebagai sumber kipas dc dan relay 2 *channel*. Berikut ini adalah skema rancangan *power supply* yang digunakan sesuai dengan gambar dibawah.



Gambar 3.1 Rangkaian *Power Supply*

3.2.2 Perancangan Desain Mekanik



Gambar 3.2 Perancangan Desain Mekanik (A) Nampak Depan (B) Nampak Atas

Pada perancangan desain mekanik gambar 3.2 diatas, bagian-bagian yang digunakan antara lain :

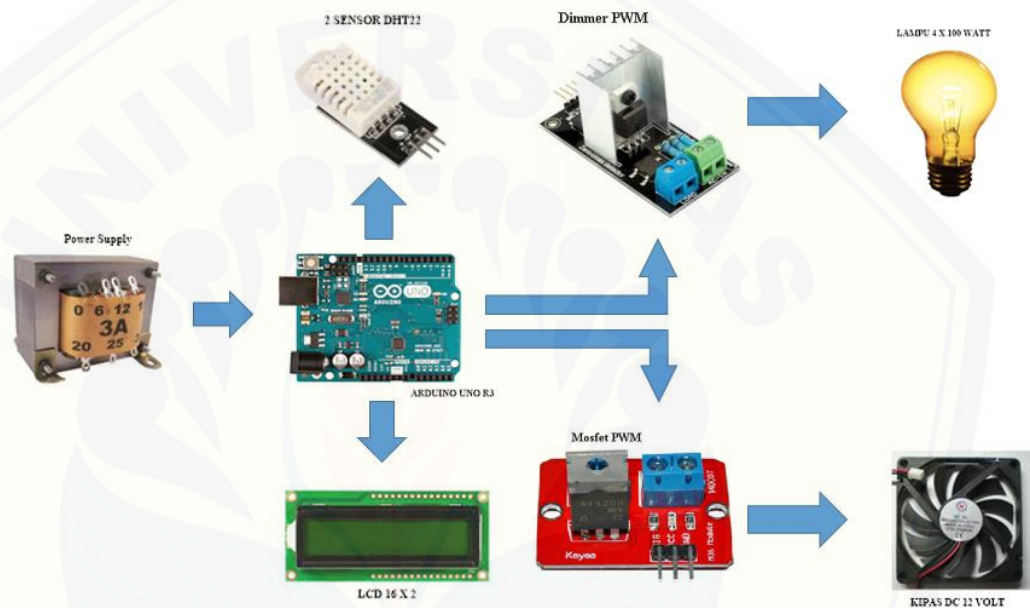
Keterangan (a) :

1. Badan oven
2. Sensor DHT22
3. Kipas DC
4. Rak fermentasi tempe
5. Lampu
6. *Board* rangkaian

Keterangan (b) :

1. LCD 16x2
2. Dimmer PWM
3. Arduino Uno
4. Mosfet PWM

3.2.3 Diagram Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan



Gambar 3.3 Diagram Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan

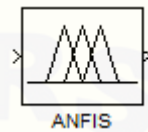
Bagian *input* pada diagram sistem kontrol suhu dan kelembapan terdiri dari sensor DHT22. Bagian *output* pada diagram sistem kontrol suhu dan kelembapan di atas yaitu LCD 16x2, kipas dan elemen pemanas. Dari diagram pada gambar terlihat bahwa alat yang akan dirancang terdiri dari beberapa bagian:

1. Bagian sensor DHT22 digunakan sebagai pendeteksi suhu dan kelembapan pada inkubasi fermentasi tempe.
2. Bagian Catu Daya sebagai sumber AC.
3. Bagian elemen pemanas digunakan sebagai media pemanas pada inkubasi fermentasi tempe.
4. Bagian kipas dc berfungsi sebagai pendingin pada inkubasi fermentasi tempe.

5. Bagian LCD berfungsi untuk menampilkan informasi pada setiap operasi semua sistem rangkaian.
6. Bagian Relay 2 Channel berfungsi sebagai menghidupkan dan mematikan kipas dan elemen pemanas

3.3 Rancangan ANFIS

Kontrol *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*

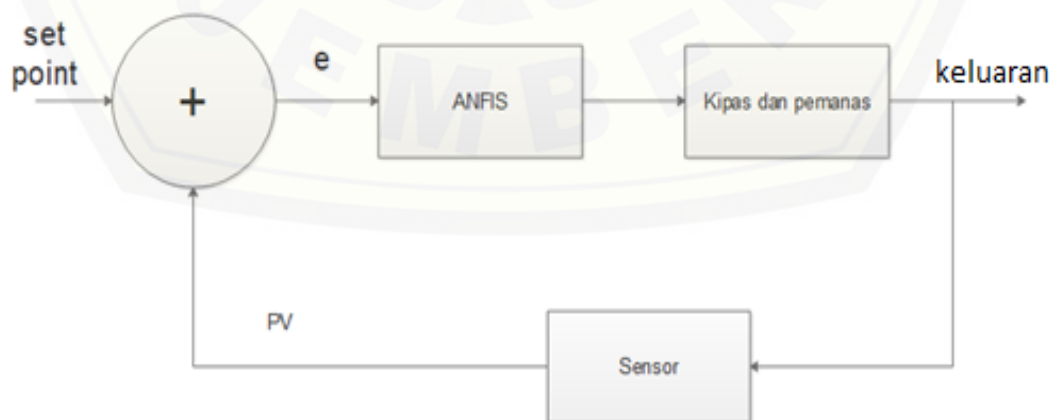


Gambar 3.4 Blok diagram *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*

Kontrol *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* digunakan untuk mengontrol dua input yaitu suhu dan kelembapan dengan membuat 2 *training* keluaran output yaitu kipas dan elemen pemanas dengan adanya kontrol *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* dapat menstabilkan suhu yang sesuai untuk fermentasi tempe

3.3.1 Himpunan masukan ANFIS

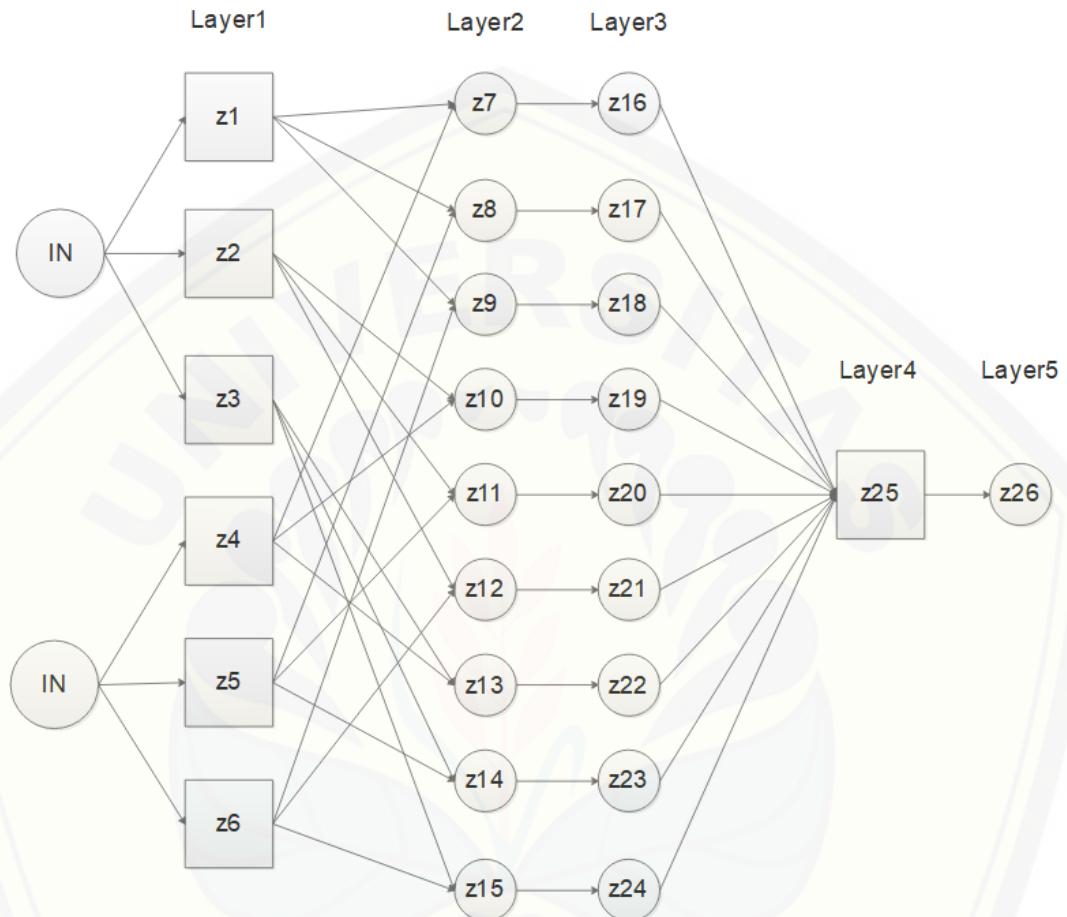
Input dari sistem berupa suhu dan kelembapan yang diambil dari sensor suhu dan kelembapan. Untuk input ke ANFIS, menggunakan nilai error. Nilai *error* didapatkan dengan mengurangi nilai *set point* dan *present value* yang dibaca oleh sensor, seperti terlihat pada gambar 3.3 dibawah



Gambar 3.5 Blok diagram sistem kontrol

3.3.2 Perancangan arsitektur ANFIS

Arsitektur ANFIS pada penelitian ini terdiri atas dua masukan, seperti terlihat pada gambar 3.4 dibawah.

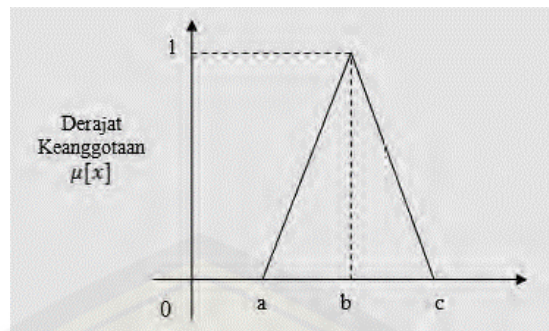


Gambar 3.6 Perancangan arsitektur ANFIS

Proses alur maju dari sebuah sistem ANFIS terdiri dari lima *layer*. Pada *layer* pertama data input pada masing masing periode akan dilakukan proses *fuzzifikasi*. Proses ini adalah untuk memetakan inputan data kedalam himpunan *fuzzy* sesuai dengan klasifikasi yang dipilih.

Lapis 1

Setiap simpul I pada lapisan ini adalah simpul adaptif dengan fungsi simpul seperti pada gambar 3.5 dibawah ini



Gambar 3.7 Himpunan model segitiga

$$\mu [x, a, b, c] = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a) / (b-a); & a \leq x \leq b \\ (c-x) / (c-b); & b \leq x \leq c \end{cases}$$

Dimana *input* adalah masukan bagi simpul. Derajat keanggotaan bernilai 0 sampai 1. Pada *layer* ini menggunakan himpunan model segitiga. *Input* berupa *error*.

$$error = sp - pv;$$

$$z1 = \mu A1; z2 = \mu A2; z3 = \mu A3; z4 = \mu A4; z5 = \mu A5; z6 = \mu A6;$$

Lapis 2

Setiap simpul pada *layer* ini diberi label $z7, z8, z9, z10, z11, z12, z13, z14,$ dan $z15$, bersifat non-adaptif (parameter tetap) yang meneruskan hasil dari *layer* ke-1. Karena sistem yang digunakan dua input, maka ada inferensi minimum (AND). Masing-masing simpul menampilkan derajat pengaktifan ternormalisasi dengan bentuk

$z7 = z1 / (z1+z4)$, $z8 = z1 / (z1+z5)$, $z9 = z1 / (z1+z6)$, $z10 = z2 / (z2+z4)$,
 $z11 = z2 / (z2+z5)$, $z12 = z2 / (z2+z6)$, $z13 = z3 / (z3+z4)$, $z14 = z3 / (z3+z5)$, $z15 =$
 $z3 / (z3+z6)$.

Lapis 3

Setiap simpul pada *layer* ini diberi label $z16, z17, z18, z19, z20, z21, z22,$
 $z23, z24$, juga bersifat non-adaptif yang meneruskan hasil dari *layer* ke-2 dengan
demikian keluaran pada *layer* ke-3 adalah:

$z16 = z7$, $z17 = z8$, $z18 = z9$, $z19 = z10$, $z20 = z11$, $z21 = z12$, $z22 = z13$ $z23 =$
 $z14$, $z24 = z15$.

Lapis 4

Simpul tunggal pada lapisan ini diberi label $z25$, yang mana
menghitung semua keluaran sebagai penjumlahan dari semua sinyal yang masuk:

$z25 = z16 + z17 + z18 + z19 + z20 + z21 + z22 + z23 + z24$.

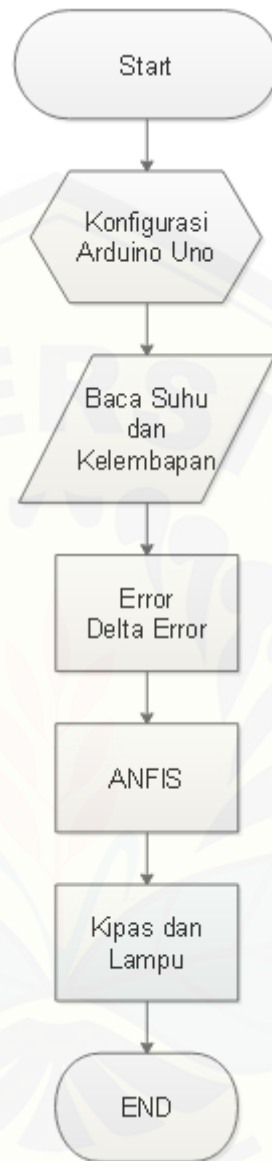
Selanjutnya menentukan nilai *error* dengan persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon = (y_d - y)^2 / 2$$

Lapis 5

Pada lapisan ini merupakan nilai keluaran dari *layer* ke-4 ANFIS
akan berpengaruh pada kipas dan pemanas bergantung pada masukan nilai *error*.
Sistem ini bersifat adaptif sehingga dengan perubahan *error* dapat diperbaiki untuk
menyesuaikan dengan *set point* nilai yang diharapkan.

3.4 Flowchart



Gambar 3.8 *Flowchart*

Flowchart pada gambar 3.8 menggambarkan alur dari berjalannya sistem kerja fermentasi tempe. Pertama merupakan konfigurasi Arduino UNO, kemudian dilanjutkan baca nilai sensor alat yaitu suhu dan kelembapan. Proses selanjutnya perhitungan pada *error* dan *delta error* menentukan nilai *error*, $error = SP - PV$. Dalam proses ANFIS ini terdapat beberapa tahapan, tahapan yang pertama yaitu memasukkan data yang masuk kedalam sensor ke dalam *input* mikrokontrol,

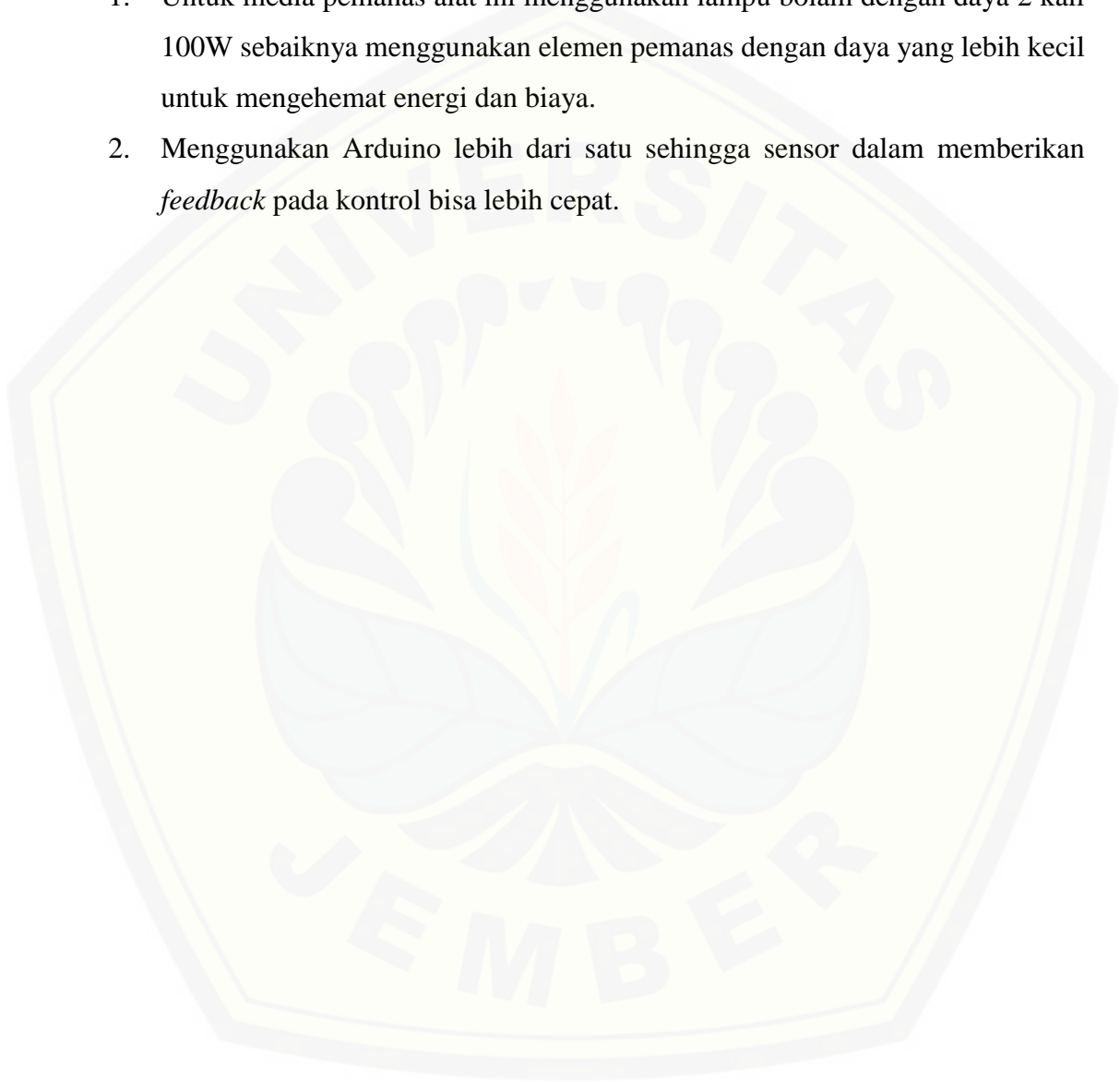
didalam mikrokontrol tersebut nilai yang berasal dari sensor yang berupa data *analog* akan dikonversikan menjadi data *digital* dan akan didefinisikan kedalam bentuk himpunan yang telah dibuat, misal definisi pada tingkat derajat suhu adalah tidak panas, normal, dan panas. Kemudian setelah selesai dari proses tersebut, dalam tahap ini adalah mengambil keputusan. hal ini menentukan apakah suhu tersebut membuat elemen pemanas menyala dan kipas mati, elemen pemanas mati dan kipas menyala, atau elemen pemanas dan kipas semuanya mati dengan menggunakan PWN. Kemudian akan kembali lagi pada membaca sensor kembali berulang-ulang terus menerus



5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan penelitian alat yang dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk lebih menyempurnakan hasil dari penelitian ini dan untuk dikembangkan lebih lanjut diantaranya sebagai berikut.

1. Untuk media pemanas alat ini menggunakan lampu bolam dengan daya 2 kali 100W sebaiknya menggunakan elemen pemanas dengan daya yang lebih kecil untuk menghemat energi dan biaya.
2. Menggunakan Arduino lebih dari satu sehingga sensor dalam memberikan *feedback* pada kontrol bisa lebih cepat.



DAFTAR PUSTAKA

BADAN STANDARDISASI NASIONAL, 2012. *TEMPE : Persembahan Indonesia Untuk Dunia*, Jakarta.

Dede Hendriono, 2014. *Mengenal Arduino Uno*.

Phillips Semiconductor , January 2000. *The IIC-BUS Specification Version 2.1*. Andik Setyawan 1, Ratna Adil 2, Legowo Sulistijono 3. *Desain Alat Sistem Kontrol*

Suhu dan Kelembaban untuk Optimasi Proses Pembuatan Tempe pada Skala Industri Rumah Tangga, Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

Alvis Fernando. 2010. Artikel “*pengenalan dan karakteristik lcd karakter display 16x2 menggunakan i2c*”.

Sutrisno. 2002. Artikel “*pengertian motor DC*”

Kadir, Abdul (2013). *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Pemrograman Menggunakan Arduino*. Penerbit Andi. Yogyakarta.

Simi Falley. 2007. *Membuat Kontrol lampu Otomatis* . Jurnal PKM-AI Universitas Airlangga. Surabaya.

Vcc2GND.com | Solusi Rekayasa Elektronika, *DHT22 (AM2302) Digital Capacitive Relative Humidity & Temperature Sensor Module*. Diakses : 06 Oktober 2016

LAMPIRAN

A. Listing Program

```
#include <RBDdimmer.h>
```

```
#include <dht.h>
```

```
#include <math.h>
```

```
#include <Wire.h>
```

```
float atas = 0, bawah = 0;
```

```
float apred[20], z[20], mf[6][6];
```

```
float result;
```

```
float Error = 0, DError = 0, DErrorTemp = 0,
```

```
DErrorHumd = 0; int SetTemp = 40, SetHumd = 20; float
```

```
TempOut = 0, HumdOut = 0;
```

```
int number = 0;
```

```
dht DHT;
```

```
struct
```

```
{
```

```
uint32_t total;
```

```
uint32_t ok;

uint32_t crc_error;

uint32_t time_out;

uint32_t connect;

uint32_t ack_l;

uint32_t ack_h;

uint32_t unknown;

} stat = { 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0};

#define outputPin 3

#define zerocross 2

#define DHT22_PIN 5

#define Kipas 9

dimmerLamp dimmer(outputPin);

int outVal = 50;

int Humd = 0, Temp = 0;

void setup() {

    Wire.begin(); // join i2c bus (address optional for master)
```



```
Serial.begin(9600);
```

```
dimmer.begin(NORMAL_MODE, ON);
```

```
//FuzzyRule
```

```
z[1] = -7.406;
```

```
z[2] = -7.406;
```

```
z[3] = 0;
```

```
z[4] = 7.406;
```

```
z[5] = -7.406;
```

```
z[6] = 0;
```

```
z[7] = 7.406;
```

```
z[8] = -7.406;
```

```
z[9] = 0;
```

```
z[10] = 7.406;
```

```
z[11] = 7.406;
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
  DHTRead();
```

```
  Serial.print("|");
```

```
Error = SetTemp - Temp;
```

```
DError = DErrorTemp;
```

```
Serial.print(Error);
```

```
Serial.print("|");
```

```
Serial.print(DError);
```

```
Serial.print("|");
```

```
ANFIS());
```

```
TempOut = TempOut + (-1 * result);
```

```
TempOut = constrain(TempOut, 0, 90);
```

```
Wire.beginTransmission(8);
```

```
Wire.write(int(TempOut));
```

```
Wire.endTransmission();
```

```
Serial.print(TempOut);
```

```
Serial.print("|");
```

```
Error = SetHumd - Humd;
```

```
DError = DErrorHumd;
```

```
Serial.print(Error);
```

```
Serial.print("|");
```

```
Serial.print(DError);
```

```
Serial.print("|");
```

```
ANFIS();
```

```
HumdOut = HumdOut + (-1 * result);
```

```
HumdOut = constrain(HumdOut, 0, 255);
```

```
analogWrite(Kipas, HumdOut);
```

```
Serial.print(HumdOut);
```

```
Serial.print("|");
```

```
Serial.print(SetTemp);
```

```
Serial.print("|");
```

```
Serial.print(SetHumd);
```

```
Serial.print("|");
```

```
DHTRead();  
  
DErrorTemp = (SetTemp - Temp) -  
DErrorTemp; DErrorHumd = (SetHumd - Humd) -  
DErrorHumd;
```

```
delay(50);  
BacaSerial();  
Serial.println();  
}
```

```
void DHTRead() {  
    uint32_t start = micros();  
    int chk = DHT.read22(DHT22_PIN);  
    uint32_t stop = micros();  
  
    stat.total++;  
    switch (chk)  
    {  
        case DHTLIB_OK:  
            stat.ok++;  
            break;  
        case DHTLIB_ERROR_CHECKSUM:
```

```
    stat.crc_error++;

    break;

case DHTLIB_ERROR_TIMEOUT:

    stat.time_out++;

    break;

case DHTLIB_ERROR_CONNECT:

    stat.connect++;

    break;

case DHTLIB_ERROR_ACK_L:

    stat.ack_l++;

    break;

case DHTLIB_ERROR_ACK_H:

    stat.ack_h++;

    break;

default:

    stat.unknown++;

    break;

}
```

Humd = DHT.humidity, 1;

Temp = DHT.temperature, 1;

```
Serial.print(Temp);

Serial.print("|");

Serial.print(Humd);

delay(300);

}

void ANFIS() {
    HimpunanFuzzyMember();
    Rules();
    Defuzifikasi();
}

void HimpunanFuzzyMember() {
    mf[0][0] = FuzzyMemberTrapA(Error, -10, -10, -9.1, -
9.1); //N mf[1][0] = FuzzyMemberTri(Error, -3, 0, 3); //Z
    mf[2][0] = FuzzyMemberTrapB(Error, 1.9, 9.1, 10, 10); //P

    mf[0][1] = FuzzyMemberTrapA(DError, -1, -1, -0.9125, -
0.2125); //N mf[1][1] = FuzzyMemberTri(DError, -0.4, 0, 0.4); //Z
    mf[2][1] = FuzzyMemberTrapB(DError, 0.2125, 0.9125, 1, 1); //P
}
```

```
float FuzzyMemberTri(float xz, float az, float bz, float cz) {
```

```
    if (xz <= az)
```

```
        result = 0;
```

```
    if (xz > az && xz < bz)
```

```
        result = (xz - az) / (bz - az);
```

```
    if (xz > bz && xz < cz)
```

```
        result = (cz - xz) / (cz - bz);
```

```
    if (xz >= cz)
```

```
        result = 0;
```

```
    return result;
```

```
}
```

```
float FuzzyMemberTrapA(float xz, float az, float bz, float cz, float dz) {
```

```
    if (xz < az)
```

```
        result = 1;
```

```
if (xz >= az && xz <= cz)
```

```
    result = 1;
```

```
if (xz > cz && xz <= dz)
```

```
    result = (xz - cz) / (dz - cz);
```

```
if (xz >= dz)
```

```
    result = 0;
```

```
return result;
```

```
}
```

```
float FuzzyMemberTrapB(float xz, float az, float bz, float cz, float dz) {
```

```
    if (xz > dz)
```

```
        result = 1;
```

```
    if (xz >= bz && xz <= dz)
```

```
        result = 1;
```

```
    if (xz > az && xz <= bz)
```

```
        result = (xz - az) / (bz - az);
```



```
if (xz <= az)
    result = 0;

return result;
}

void Rules() {
    //GetMinimumFunctions

    apred[1] = mf[2][1];
    apred[2] = min(mf[0][0], mf[1][1]);
    apred[3] = min(mf[0][0], mf[2][1]);
    apred[4] = mf[0][0];
    apred[5] = min(mf[1][0], mf[0][1]);
    apred[6] = min(mf[1][0], mf[1][1]);
    apred[7] = min(mf[1][0], mf[2][1]);
    apred[8] = mf[2][0];
    apred[9] = min(mf[2][0], mf[0][1]);
    apred[10] = min(mf[2][0], mf[1][1]);
    apred[11] = mf[0][1];
```

```
}
```

```
void Defuzifikasi() {
```

```
    atas = 0;
```

```
    bawah = 0;
```

```
    result = 0;
```

```
    for (int pi = 1; pi <= 11; pi++) {
```

```
        atas += (apred[pi] * z[pi]);
```

```
    }
```

```
    for (int pi = 1; pi <= 11; pi++) {
```

```
        bawah += apred[pi];
```

```
    }
```

```
    result = atas / bawah; //COA
```

```
}
```

```
void BacaSerial() {
```

```
    if ( Serial.available() > 0 )
```

```
{  
  
    static char input[16];  
  
    static uint8_t i;  
  
    char c = Serial.read();  
  
    if ( c != '\r' && i < 15 ) // assuming "Carriage Return" is chosen in the Serial  
    monitor as the line ending character  
  
        input[i++] = c;  
  
    else  
  
    {  
  
        input[i] = '\0';  
  
        i = 0;  
  
  
        number = atoi(input);  
  
        if (number <= 5000) {  
  
            SetTemp = number - 2000;  
  
        }  
  
  
        if (number > 5000) {
```

```
SetHumd = number - 5000;
```

```
}
```

```
}
```

```
}
```

```
}
```

B. Hasil Pengambilan Data



