

**PROPOSAL SKRIPSI**  
**APLIKASI LOGIKA FUZZY UNTUK PENGONTROLAN SUHU**  
**PADA MEDIA PENDINGINAN BIJI KAKAO**

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan**  
**Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



**Disusun Oleh:**  
**WAHYU GUSTI HABIBI**  
**NIM. 125060300111086**

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**MALANG**  
**2016**

## I. Judul

Pengontrolan Suhu pada Media Pengeringan Biji Kakao dengan Metode Logika Fuzzy

## II. Latar Belakang

Tanaman kakao (*Theobroma cacao*) termasuk tanaman tropis. Indonesia dinilai cukup berpotensi untuk pengembangan kakao ke depan, khususnya dalam hal budidaya kakao karena didukung oleh kondisi iklimnya. Hal ini dipandang menjanjikan sehingga kakao menjadi salah satu komoditi ekspor andalan nonmigas yang memiliki prospek cukup cerah sebab permintaan di dalam negeri juga semakin meningkat dengan semakin berkembangnya sektor agroindustri.

Selain sebagai penyumbang nilai dan volume ekspor dari sektor nonmigas, keberadaan kakao juga dapat memenuhi bahan baku untuk industri dalam negeri, baik dalam hal makanan maupun industri kosmetika dan farmasi. Industri kakao juga berperan nyata dalam hal penyerapan tenaga kerja karena membutuhkan tenaga kerja yang cukup besar untuk bekerja pada beberapa tahapan, yaitu dimulai dari tahap penanaman, pemeliharaan, pemanenan, pengolahan, industri, sampai dengan pemasaran.

Produksi kakao di Indonesia sebagian besar ada di tangan petani kakao rakyat. Hal ini dibuktikan dengan luas areal tanam kakao yang didominasi oleh petani kakao rakyat. Menurut Susanto (1994), luas kakao rakyat justru menempati peringkat paling atas yaitu sekitar 72,07 % dari luas total kakao. Sedangkan luas perkebunan swasta hanya sekitar 11,23 % dan perkebunan milik Negara hanya sekitar 16,7 %.

Produksi biji kakao Indonesia secara signifikan terus meningkat. Namun, dari segi mutu, biji kakao Indonesia masih dianggap rendah di pasaran Internasional. Hal ini dikarenakan pada saat proses pengolahannya yang kurang baik sehingga menyebabkan biji kakao yang diolah tidak memenuhi syarat di pasaran, seperti biji kakao yang tidak terfermentasi dengan baik atau sama sekali tidak melalui proses fermentasi, tidak cukup kering, citarasa sangat beragam dan tidak konsisten.

Penanganan pascapanen merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi mutu kakao. Tindakan ini diawali dengan pemanenan buah

yang benar-benar matang, pemeraman buah, fermentasi dan pengeringan. Pemeraman yang dimaksudkan agar buah kakao yang dipanen mencapai kematangan yang seragam. Tahap lain yang sangat penting adalah fermentasi yang sempurna agar biji kakao mengandung citarasa dan aroma yang baik. Setelah fermentasi, selanjutnya dilakukan pengeringan hingga didapatkan biji kakao dengan kadar air 7 persen (Spillane, 1995).

Menurut Winarno (1980) pengeringan adalah cara untuk menghilangkan sebahagian besar air dari suatu bahan dengan bantuan energi panas dari sumber alami (sinar matahari) atau bahan buatan (alat pengering). Biasanya kandungan air tersebut dikurangi sampai batas dimana mikroba tidak dapat tumbuh lagi di dalamnya. Dengan demikian bahan yang dikeringkan dapat mempunyai waktu simpan yang lebih lama.

Proses pengeringan yang umum dilakukan oleh petani kakao rakyat biasanya memanfaatkan sinar matahari dengan cara penjemuran. Pengeringan dengan matahari ini memerlukan tenaga kerja yang lebih banyak dan sangat tergantung dari cuaca. Bila cuaca kurang baik misalnya hujan atau berawan, maka pengeringan kurang sempurna, biji akan berjamur, dan mutunya sangat rendah.

Pengeringan merupakan salah satu tahap penting dalam pengolahan kakao untuk menjamin mutu produk akhir yang prima dari aspek kenampakan, citarasa, dan kebersihan. Mutu kakao yang dihasilkan petani sebagian besar belum memenuhi ketiga kriteria tersebut antara lain karena tidak tersedianya sarana pengeringan yang memadai.

Berdasarkan pentingnya proses pengeringan yang baik yang tidak tergantung pada cuaca, maka dari itu dibuatlah rancang bangun alat pengering otomatis pada biji kakao. Pengeringan biji kakao yang terlalu cepat atau suhu pengeringan yang terlalu tinggi akan mengakibatkan biji kakao dengan aroma asam dan kadar asam lebih tinggi dari biji yang dijemur. Sehingga dibutuhkan suhu pengeringan yang tepat pada proses pengeringan biji kakao. Kajian fermentasi dan suhu pengeringan terhadap mutu kakao telah dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fermentasi 8 hari pada suhu 60C merupakan perlakuan terbaik dari semua perlakuan.

Penulis mencoba melakukan penelitian tentang Pengontrolan Suhu pada Media Pengeringan Biji Kakao dengan Metode Logika Fuzzy

### III. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang telah dijabarkan sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan sistem yang dapat mengatur suhu pada media pengeringan biji kakao.
2. Bagaimana rancangan program pengontrol suhu untuk media pengeringan biji kakao.

### IV. Batasan Masalah

Berdasarkan pada rumusan masalah yang telah diambil, maka hal-hal yang berkaitan dengan rancangan akan diberi batasan sebagai berikut:

1. Pembahasan akan dikhususkan pada hasil kontrol suhu ruang pada media pengujian yaitu 60°C.
2. Penelitian ini hanya membahas tentang pengontrolan proses pengeringan dan tidak membahas tentang proses proses lainnya.
3. Media pengujian berdimensi 40cm x 30cm x 30 cm yang merupakan buatan sendiri berbahan mika.
4. Kontroller yang digunakan berupa modul mikrokontroller Arduino Mega 2560.
5. Sensor suhu yang digunakan berupa sensor suhu tipe LM35
6. Aktuator yang digunakan berupa elemen pemanas atau lampu yang akan dipadukan dengan kipas DC 12 volt.
7. Sistem pengontrolan yang digunakan berdasarkan pada teori logika fuzzy

### V. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah merancang sebuah sistem yang dapat mengontrol suhu ruang pada media pengeringan biji kakao sehingga dapat memperoleh suhu yang stabil dan sesuai dengan *set point* yang diinginkan.

### VI. Tinjauan Pustaka

#### 6.1 Kakao

##### Pemeraman Buah.

Pemeraman buah bertujuan, memperoleh keseragaman kematangan buah serta memudahkan pengeluaran biji dari buah kakao.

Buah dimasukan kedalam keranjang rotan atau sejenisnya disimpan ditempat yang bersih dengan alas daun – daunan dan permukaan tumpukan ditutup dengan daun-daunan .

Pemeraman dilakukan ditempat yang teduh, serta lamanya sekitar 5-7 hari (maksimum 7 hari).

### **Pemecahan Buah**

Pemecahan atau pembelahan buah kakao dimaksudkan untuk mendapatkan biji kakao, pemecahan buah kakao harus dilakukan secara hati-hati, agar tidak melukai atau merusak biji kakao.

Pemecahan buah kakao dapat menggunakan pemukul kayu atau memukulkan buah satu dengan buah lainnya, harus dihindari kontak langsung biji kakao dengan benda – benda logam, karena dapat menyebabkan warna biji kakao menjadi kelabu.

Biji kakao dikeluarkan lalu dimasukan dalam ember plastik atau wadah lain yang bersih, sedang empulur yang melekat pada biji dibuang.

### **Fermentasi**

Fermentasi dimaksudkan untuk memudahkan melepas zat lendir dari permukaan kulit biji dan menghasilkan biji dengan mutu dan aroma yang baik, selain itu menghasilkan biji yang tahan terhadap hama dan jamur, selama penyimpanan dan menghasilkan biji dengan warna yang cerah dan bersih.

Wadah/alat fermentasi yang dibutuhkan yaitu : Kotak fermentasi terbuat dari lembaran papan atau berupa.

Keranjang bambu.

Daun pisang.

Karung goni.

Ada beberapa cara fermentasi biji kakao yaitu :

### ***Fermentasi dengan kotak/peti fermentasi***

Biji kakao dimasukkan dalam kotak terbuat dari lembaran papan yang berukuran panjang 60 cm dengan tinggi 40 cm (kotak dapat menampung  $\pm$  100 kg biji kakao basah) setelah itu kotak ditutup dengan karung goni/daun pisang.

Pada hari ke 3 (setelah 48 jam) dilakukan pembalikan agar fermentasi biji merata.

Pada hari ke 6 biji-biji kakao dikeluarkan dari kotak fermentasi dan siap untuk dijemur.

### ***Fermentasi menggunakan keranjang bambu***

Keranjang bambu terlebih dahulu dibersihkan dan dialasi dengan daun pisang baru kemudian biji kakao dimasukan (keranjang dapat menampung  $\pm$  50 kg biji kakao basah)

Setelah biji kakao dimasukan keranjang ditutup dengan daun pisang.

Pada hari ke 3 dilakukan pembalikan biji dan pada hari ke 6 biji-biji dikeluarkan untuk siap dijemur.

### **Perendaman dan Pencucian.**

Tujuan perendaman dan pencucian adalah menghentikan proses fermentasi dan memperbaiki kenampakan biji. Sebelum pencucian dilakukan perendaman  $\pm$  3 jam untuk meningkatkan jumlah biji bulat dengan kenampakan menarik dan warna coklat cerah. Pencucian dapat dilakukan secara manual (dengan tangan) atau menggunakan mesin pencuci. Pencucian yang terlalu bersih sehingga selaput lendirnya hilang sama sekali, selain menyebabkan kehilangan berat juga membuat kulit biji menjadi rapuh dan mudah terkelupas. Umumnya biji kakao yang dicuci adalah jenis edel sedangkan jenis bulk tergantung pada permintaan pasar.

### **Pengeringan**

Pelaksanaan pengeringan dapat dilakukan dengan menjemur, memakai mesin pengering atau kombinasi keduanya. Pada proses pengeringan terjadi sedikit fermentasi lanjutan dan kandungan air menurun dari 55- 60 % menjadi 6-7 %, selain itu terjadi pula perubahan-perubahan kimia untuk menyempurnakan pembentukan aroma dan warna yang baik.

Suhu pengeringan sebaiknya antara 55-66 °c dan waktu yang dibutuhkan bila dijemur waktu yang dibutuhkan  $\pm 7$  hari apabila cuaca baik, tetapi apabila banyak hujan penjemuran  $\pm 4$  minggu. Bila biji kurang kering pada kandungan air diatas 8% biji mudah ditumbuhi jamur.

### **Sortasi Biji.**

Sortasi Biji Kakao Kering dimaksudkan untuk memisahkan antara biji baik dan cacat berupa biji pecah, kotoran atau benda asing lainnya seperti batu, kulit dan daun-daunan. Sortasi dilakukan setelah 1-2 hari dikeringkan agar kadar air seimbang, sehingga biji tidak terlalu rapuh dan tidak mudah rusak, sortasi dilakukan dengan menggunakan ayakan yang dapat memisahkan biji kakao dengan kotoran-kotoran.

### **Pengemasan dan Penyimpanan Biji**

Biji kakao dikemas dengan baik didalam wadah bersih dan kuat, biasanya menggunakan karung goni dan tidak dianjurkan menggunakan karung plastik.

Biji kakao tidak disimpan dalam satu tempat dengan produk pertanian lainnya yang berbau keras, karena biji kakao dapat menyerap bau-bauan tersebut.

Biji kakao jangan disimpan di atas para-para dapur karena dapat mengakibatkan biji kakao berbau asap.

Biji kakao disimpan dalam ruangan, dengan kelembaban tidak melebihi 75 % ventilasi cukup dan bersih.

Antara lantai dan wadah biji kakao diberi jarak  $\pm 8$  Cm dan jarak dari dinding  $\pm 60$  Cm, biji kakao dapat disimpan  $\pm 3$  bulan.

## **6.2 Mikrokontroler Arduino Mega 2560**

Arduino Mega 2560 adalah sebuah board mikrokontroler besutan Arduino yang dibuat dengan IC pengolah data buatan Atmel AVR. Mikrokontroler ini memiliki Bahasa pemrograman sendiri, berbeda dengan produk Atmel lainnya. Board ini memiliki pin digital input/output sebanyak 54 buah, 15 diantaranya dapat digunakan sebagai PWM output. Selain itu, board ini memiliki 16 pin analog input, 4 UARTs (serial port hardware), sebuah 16MHz osilator kristal, konektor USB, jack power, header ICSP, dan sebuah tombol reset. Modul ini sudah memiliki semua perangkat yang

dibutuhkan sebuah mikrokontroler untuk dapat difungsikan. *User* hanya perlu menghubungkannya dengan sebuah PC, adaptor AC-DC, atau baterai untuk dapat menjalankannya.

Berikut ini adalah gambar sebuah board Arduino Mega 2560 dan pemetaan pin ATmega 2560:

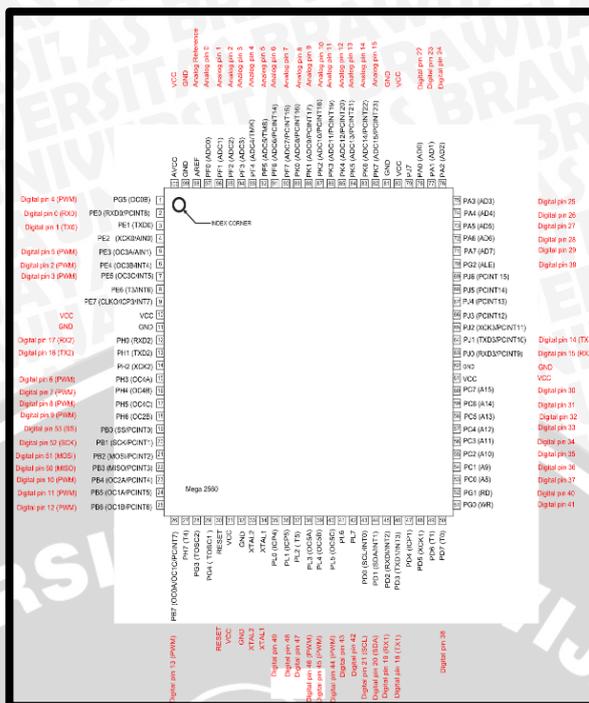


Gambar 6.3 Board Arduino Mega 2560.

Sumber: electrochematics.com, 2013.

Adapun spesifikasi umum dari Arduino Mega 2560 ini adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler : ATmega 2560
2. Tegangan operasi : 5 V
3. Tegangan input operasi : 7-12 V
4. Tegangan input maksimal : 6-20 V
5. Pin digital I/O : 54 (15 pin sebagai output PWM)
6. Pin input analog : 16
7. Arus DC per pin I/O : 40 mA
8. Arus DC untuk pin 3,3V : 50 mA
9. Flash memory : 256 KB (8 KB sebagai *bootloader*)
10. SRAM : 8 KB
11. EEPROM : 4 KB
12. Clock speed : 16 MHz



Gambar 6.4 Pemetaan pin ATmega 2560.

Sumber: Arduino.

### 6.3 Sensor Suhu

Berbeda dari transduser yang dapat mengubah suatu besaran ke besaran lain, sensor adalah suatu komponen yang digunakan untuk mengubah suatu besaran fisik menjadi besaran elektrik guna mengetahui gejala perubahan pada objek tertentu. Sensor dapat menghasilkan berbagai macam tipe output, tetapi kebanyakan akan menghasilkan keluaran dalam bentuk besaran elektrik atau optik.

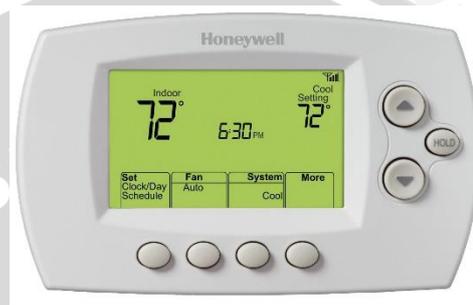
Sensor memiliki banyak jenis, seperti *level sensor* yang dapat mendeteksi ketinggian fluida dalam sebuah tangki atau drum dan mengubahnya ke besaran elektrik, sensor kelembapan yang dapat mengubah tingkat kelembapan udara sekitar sensor menjadi besaran elektrik. Sedangkan sensor suhu yang dapat mengubah besaran panas menjadi besaran elektrik. Sensor ini biasa digunakan di banyak peralatan elektronik, seperti AC, rice cooker, setrika listrik, dll. Sensor suhu biasanya berbahan dasar logam atau semikonduktor. Sensor suhu sendiri memiliki beberapa jenis, antara lain:

1. Thermostat

Thermostat adalah jenis sensor suhu yang memerlukan kontak dengan objek yang diukur suhunya. Sensor jenis ini menggunakan



prinsip *Electro-mechanical*. Thermostat dibuat dengan dua jenis logam yang berbeda seperti Nikel, Tembaga, Tungsten, atau Aluminium. Kedua jenis logam tersebut ditempel sedemikian rupa sehingga terbentuk bimetallic strip yang akan bengkok jika mendapatkan suhu tertentu sesuai dengan koefisien muai dari bahan logam tersebut. Dengan teori ini diharapkan saat mendapatkan suhu tertentu, sensor ini akan dapat memutuskan atau menyambung sirkuit layaknya sebuah saklar.



Gambar 6.5 Thermostat

Sumber: Honeywell

## 2. Thermistor

Thermistor adalah komponen elektronika yang nilai resistansinya dipengaruhi oleh suhu. Thermistor dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu: PTC (*Positive Temperature Coefficient*) yang nilai resistansinya meningkat sesuai dengan suhu yang didapat dan NTC (*Negative Temperature Coefficient*) yang nilai resistansinya menurun ketika suhu yang didapat bertambah.

Thermistor dibuat dengan bahan smikonduktor seperti Kobalt, Mangan, atau Nikel Oksida yang dilapisi kaca. Keunggulan thermistor antara lain:

- Memiliki respon yang relatif cepat terhadap perubahan suhu,
- Lebih ekonomis dibanding sensor suhu jenis RTD,
- Rentang resistansi yang luas, berkisar  $2.000\Omega$  sampai  $10.000\Omega$ .

Thermistor sering digunakan untuk peralatan elektronika seperti voltage regulator, sensor suhu kulkas, sensor suhu pada ponsel, dan lain lain.



Gambar 6.6 Thermistor

Sumber: globalsources.com

### 3. Resistive Temperature Detector (RTD)

Resistive Temperature Detector (RTD) ini memiliki fungsi yang sama dengan Thermistor jenis PTC, yaitu dapat mengubah panas yang didapat menjadi hambatan listrik yang sebanding dengan perubahan suhunya. Namun, RTD ini memiliki tingkat presisi yang lebih tinggi dan memiliki akurasi yang lebih tinggi pula jika dibandingkan dengan Thermistor PTC. Pada umumnya, RTD ini dibuat dengan bahan dasar Platinum, sehingga dapat disebut juga dengan sebutan Platinum Temperature Detector (PTD). Keunggulan dari RTD sendiri antara lain:

- Rentang suhu yang luas, dapat beroperasi dengan baik di suhu  $-200^{\circ}\text{C}$  sampai  $650^{\circ}\text{C}$ ,
- Tingkat linearitas lebih baik daripada thermistor dan termokopel,
- Lebih akurat, presisi, dan stabil.



Gambar 6.7 RTD

Sumber: directindustry.com

### 4. Termokopel

Termokopel adalah salah satu jenis sensor suhu yang paling sering digunakan karena rentang suhu operasionalnya yang sangat lebar. Sensor suhu jenis ini dapat beroperasi dengan baik di suhu  $-200^{\circ}\text{C}$  hingga lebih dari  $2.000^{\circ}\text{C}$ . Termokopel ini adalah sensor suhu thermoelectric yang terdiri atas dua persimpangan logam yang berbeda. Salah

satu logam akan dijaga suhunya dan digunakan sebagai referensi, sedangkan satu logam lainnya akan dibiarkan terkena suhu objek yang akan dikontrol. Dengan adanya perbedaan suhu di persimpangan kedua logam tersebut, rangkaian akan menghasilkan beda potensial yang nilainya sebanding dengan suhu sumber panas.

Keunggulan termokopel adalah sebagai berikut:

- Memiliki rentang suhu operasional yang luas,
- Tahan terhadap guncangan dan getaran,
- Sangat sensitif terhadap perubahan suhu.



Gambar 6.8 Termokopel

Sumber: shqiaoyu.com

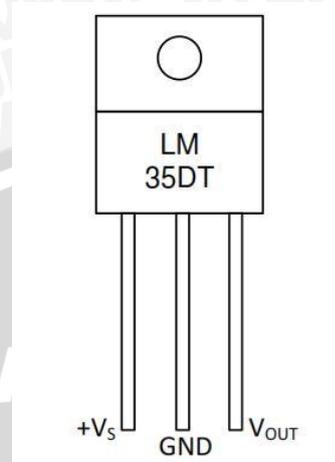
### 6.3.1 Sensor Suhu LM35

Sensor LM35 ini adalah sensor suhu yang berukuran kecil namun memiliki *range* operasional yang cukup lebar. Sensor ini dapat berfungsi dengan baik di suhu  $-55^{\circ}\text{C}$  hingga  $150^{\circ}\text{C}$ . Sensor ini mengubah besaran suhu menjadi besaran elektrik yang berbentuk tegangan. Sensor buatan Texas Instruments ini memiliki keluaran impedansi yang kecil dan tingkat linearitas yang baik sehingga mudah untuk diaplikasikan ke berbagai macam rangkaian.

Sensor yang telah dikalibrasikan untuk bekerja baik di suhu berskala Celsius ini dapat bekerja pada dengan tegangan masukan 4-30V. Sedangkan untuk arus masukan, sensor ini membutuhkan sebesar  $60\mu\text{A}$ . Sensor ini memiliki tingkat *error* akibat adanya *self-heating* yang cukup kecil, hanya sebesar  $0,08^{\circ}\text{C}$  di suhu ruang. Dapat dipastikan akurasi di suhu ruang normal,  $25^{\circ}\text{C}$ , sebesar  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Sensor ini memiliki faktor skala yang linier sebesar  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ ,

sehingga didapat persamaan tegangan *output* sensor LM35 sebagai berikut:

$$V_{LM35} = 0mV + (\text{suhu} \times 10mV) \dots \dots \dots 6.1$$



Gambar 6.9 Sensor LM35

Sumber: Texas Instruments.

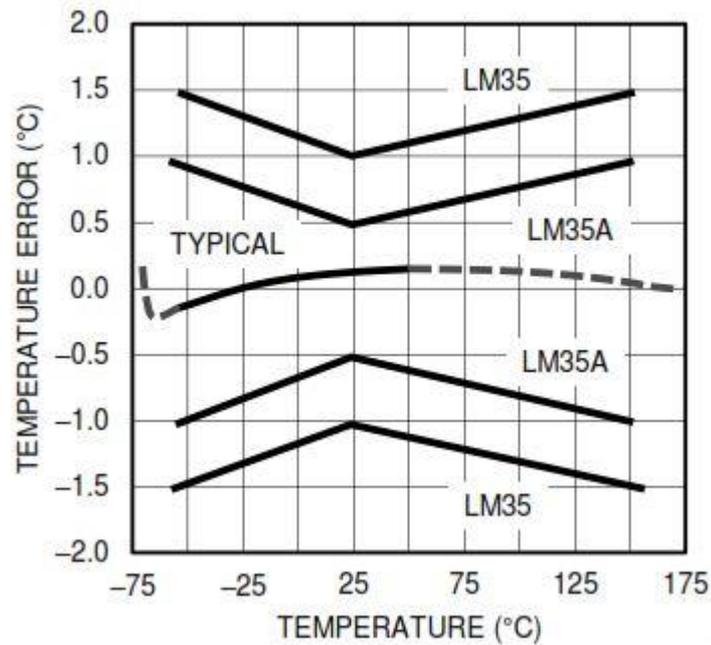
Dengan persamaan 6.1, maka jika suhu objek yang diukur sebesar 40°C, maka tegangan *output* pada sensor akan sebesar 0,400V, jika suhu objek sebesar 42°C, maka tegangan *output* sensor ini akan sebesar 0,420V, dan seterusnya. Sensor ini memiliki tiga kaki yang berfungsi sebagai Tegangan *input*, *ground*, dan tegangan *output*. Tegangan keluaran dari sensor ini berkisar antara 0-1,5V.

### 6.3.1.1 Karakteristik Sensor LM35

Sensor ini memiliki karakteristik karakteristik sebagai berikut:

1. Terkalibrasi langsung dengan satuan Celsius.
2. Memiliki faktor skala yang linier, sebesar 0,1mV/°C.
3. Pada suhu ruang, 25°C, sensor ini memiliki tingkat ketepatan  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ , dan *self-heating* sebesar 0,08°C.
4. Sensor ini membutuhkan input tegangan sebesar 4-30V dan arus sebesar 60µA.
5. Dengan beban 1mA, impedansi keluaran sensor ini sebesar 0,1W.
6. Range operasional sensor ini adalah -50°C-150°C.
7. Ketidaklinieran dari sensor ini sebesar  $\pm 0,25^\circ\text{C}$ .

Untuk tingkat error sensor ini dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 6.10 Tingkat error sensor seri LM35.

Sumber: Texas Instruments.

### 6.3.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Sensor LM35

Sensor ini memiliki kelebihan antara lain:

- Range ukur yang luas,
- Rangkaian tidak rumit,
- Linieritas tinggi dengan impedansi keluaran yang kecil,
- Tidak perlu pengkondisian awal sinyal.
- Beroperasi dengan tegangan masukan 4-30V.

Sedangkan sensor ini memiliki kekurangan antara lain:

- Dengan tegangan masukan yang berbeda beda akan menyebabkan keluaran yang tidak stabil, sehingga berdampak pada pengukuran.
- Layaknya sensor suhu dengan jenis PTC lainnya, sensor ini membutuhkan sumber tegangan untuk bekerja.

### 6.4 Elemen Pemanas

Elemen pemanas sejatinya adalah sebuah kumparan atau benda logam yang digunakan untuk menghantarkan panas. Panas ini sendiri ditimbulkan akibat adanya perubahan energi dari energi listrik menjadi kalor.

### 6.5 Kipas Angin DC

Kipas Angin DC menggunakan prinsip kerja motor DC. Alat ini mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dengan memutar baling baling sehingga dapat menyedot angin yang ada di belakang kipas lalu melewatkannya melalui baling baling dan mengembuskannya ke depan kipas. Kipas jenis ini dapat dijumpai dengan banyak varian dan kegunaan yang berbeda-beda pula. Kipas seperti ini biasanya berukuran kecil dan biasa dipasang di perangkat elektronika sebagai pendingin, seperti pada laptop, *console* gim, PC, dan lain-lain. Perangkat ini dapat bekerja dengan catu daya tegangan DC yang berasal dari baterai, port USB, atau aki.

Energi mekanik yang dihasilkan oleh motor DC ini dapat terjadi karena adanya gaya gerak listrik yang timbul akibat adanya medan magnet. Oleh karena bekerja dengan prinsip motor DC, maka komponen penyusun perangkat ini sama dengan penyusun motor DC, yaitu: kutub medan magnet, kumparan, dan komutator.

#### **6.5.1 Kutub Medan Magnet Motor DC**

Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan kumparan motor DC yang menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.

#### **6.5.2 Kumparan Motor DC**

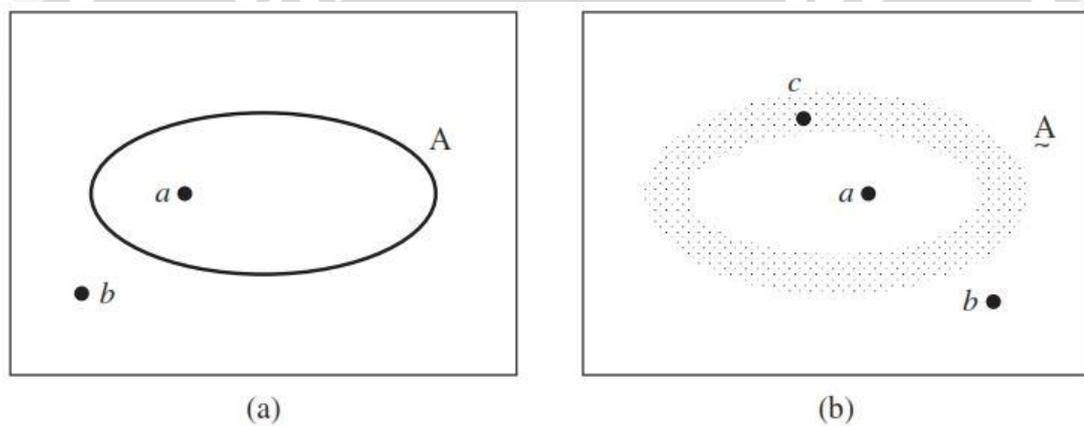
Arus masuk menuju kumparan motor DC, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. kumparan motor DC yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, kumparan motor DC berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk mengubah kutub-kutub utara dan selatan kumparan motor DC.

### 6.5.3 Komutator Motor DC

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam kumparan motor DC. Commutator juga membantu dalam transmisi arus antara kumparan motor DC dan sumber daya.

### 6.6 Fuzzy Logic

Konsep yang diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Dr. Lotfi Zadeh ini meningkatkan konsep tingkat kebenaran dari logika Boolean yang selama ini hanya mengenal [benar] dan [salah] yang biasa disimbolkan dalam [1] dan [0], menjadi tingkat kebenaran yang memiliki derajat kebenaran diantara [0] sampai dengan [1].



Gambar 6.11 Diagram Venn yang menunjukkan (a) Teori himpunan konvensional; (b) Teori Himpunan Fuzzy.

Sumber: Fuzzy Logic with Engineering Application-3<sup>rd</sup> Edition.

Dapat dicontohkan seperti pada gambar di atas, dengan semesta pembicaraan  $X$ , maka lingkaran  $A$  dapat dianggap sebuah batas kebenaran. Bagian  $a$  yang berada di dalam  $A$  yang memiliki tingkat kebenaran [1], sedangkan  $b$  yang berada di luar lingkaran  $A$  memiliki tingkat kebenaran [0]. Logika Boolean akan berhenti sampai di sini, tapi dapat dilihat pada diagram (b),  $c$  menunjukkan ketidakpastian atau ketidakmutlakan suatu tingkat kebenaran karena titik tersebut tidak berada di luar maupun di dalam lingkaran, maka titik  $c$  dapat dikatakan memiliki tingkat kebenaran dengan interval [0,1]. Pendekatan inilah yang dijadikan dasar logika fuzzy.

#### 6.6.1 Himpunan Fuzzy

Berbeda dengan teori himpunan konvensional yang anggota himpunannya dapat dinotasikan bernilai [1] dan elemen yang bukan

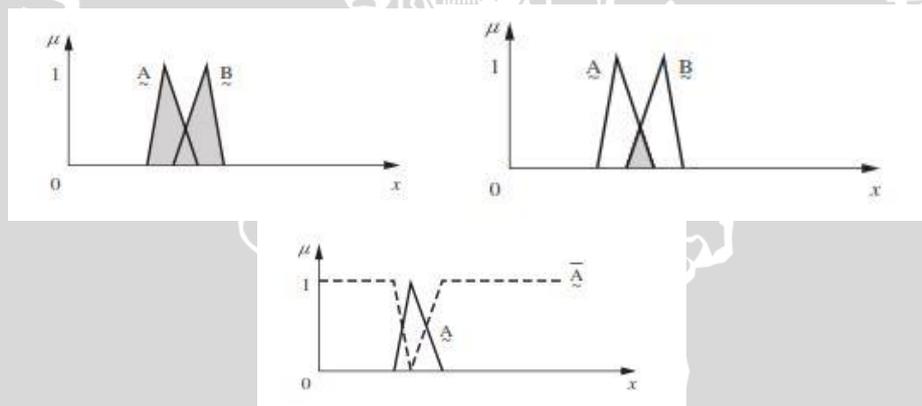
merupakan anggota himpunannya dapat dinotasikan bernilai [0], himpunan fuzzy dapat beranggotakan elemen dengan derajat kebenaran yang bervariasi. Anggota himpunan fuzzy dipetakan terhadap semesta derajat kebenaran dalam bentuk fungsi-teoritis dengan notasi yang telah ditetapkan oleh Zadeh.

Adapun operasi operasi yang dapat dilakukan dengan himpunan fuzzy, antara lain: gabungan (union), irisan (intersection), dan negasi (Complement). Sebagai contoh, diberikan dua buah himpunan fuzzy A dan B di sebuah semesta pembicaraan X, dengan diberikan anggota himpunan fuzzy x, sehingga dapat dituliskan operasi operasi himpunan sebagai berikut:

1. Gabungan (union)  $\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) \dots \dots \dots (6.2)$

2. Irisan (intersection)  $\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) \dots \dots \dots (6.3)$

3. Negasi (complement)  $\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \dots \dots \dots (6.4)$



Gambar 6.12 Operasi Himpunan Fuzzy (a) Union; (b) Intersection; (c) Complement.

Sumber: Fuzzy Logic with Engineering Application-3<sup>rd</sup> Edition.

### 6.6.2 Fuzzification, Fuzzy Inference, dan Defuzzification

Fuzzification adalah sebuah proses untuk mengubah masukan dalam bentuk crisp menjadi sebuah variabel fuzzy yang biasanya dipaparkan dalam bentuk himpunan fuzzy yang masuk ke dalam sebuah fungsi keanggotaan (*membership function*). Contohnya, jika ingin mengontrol suhu dengan besar 41°C, maka dibentuk lima *membership function* yang dilabeli dengan “sangat dingin”, “dingin”, “hangat”, “panas”, dan “sangat panas”. Saat diberi set point 41°C, dapat dicari nilai input fuzzy dengan persamaan garis. Jadi, semakin



banyak *membership function*, sistem akan semakin sensitif terhadap perubahan input.

Fuzzy Inference adalah proses yang dilakukan guna mendapatkan sebuah output fuzzy. Proses ini membutuhkan input fuzzy dan sebuah fuzzy rule yang telah ditentukan. Fuzzy rule ini memiliki bentuk umum, yaitu: IF (antecedent), THEN (consequent). Adapun model fuzzy rule yang dapat digunakan yaitu model Mamdani atau model Sugeno. Hasil dari proses ini adalah fuzzy output.

Sedangkan defuzzification adalah sebuah proses mengubah output fuzzy menjadi sebuah bentuk crisp berdasarkan *membership function* yang telah ditentukan.

## VII. Metode Penelitian

Penyusunan penelitian ini berdasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasiannya agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah.

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

### 7.1 Penentuan Spesifikasi Sistem

Guna mendapatkan hasil yang diinginkan, maka dipilih komponen-komponen yang dapat menunjang alat ini. Pemilihan ini ditujukan agar alat dapat bekerja secara efektif dan efisien, sehingga alat yang dirancang ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Sistem mampu menjaga suhu di dalam media pengeringan sesuai set point.
2. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega 2560.
3. Sensor suhu yang digunakan adalah sensor suhu LM35.
4. Aktuator yang digunakan adalah elemen pemanas yang dipadukan dengan kipas angin DC.
5. Catu daya mikrokontroler akan menggunakan port USB dari laptop, sedangkan catu daya aktuator menggunakan baterai.

### 7.2 Studi Literatur

Penyusunan proposal skripsi ini dilakukan dengan langkah studi literatur, penelusuran informasi digital, dan wawancara narasumber dengan sasaran tinjauan antara lain:

1. Informasi internet,
2. Pustaka referensi, dan
3. Pustaka penunjang.

Studi literatur yang dilakukan bertujuan agar hal-hal yang berhubungan dengan teori-teori yang menyangkut dengan perencanaan dan perealisasi alat dapat dikaji dan dipelajari lebih dalam. Teori-teori tersebut antara lain:

1. Teori mengenai sensor suhu secara umum dan khususnya sensor suhu LM35 dan aplikasinya ke dalam sistem,
2. Teori umum elemen pemanas,
3. Terori umum motor DC sebagai dasar prinsip kerja kipas angin DC.
4. Sistem pemrograman Mikrokontroller Arduino Mega 2560.
5. Teori teori tentang Logika Fuzzy.

### 7.3 Perancangan dan Peralisasian Alat

Dalam perancangan dan perealisasi alat ini akan dibahas mengenai diagram blok, perancangan perangkat keras, dan perancangan perangkat lunak.

#### 7.3.1 Diagram Blok

Pembuatan diagram blok merupakan dasar dari perancangan sistem agar perancangan dan perealisasi alat berjalan secara sistematis. Diagram blok sistem yang dirancang pada proposal ini ditunjukkan dalam gambar 7.1



Gambar 7.1 Blok Diagram Sistem

Penjelasan mengenai diagram blok diatatas adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler Arduino Mega 2560 berfungsi sebagai kontroler.
2. Pemanas digunakan sebagai penghasil sumber panas yang selanjutnya akan disebarkan oleh kipas. Kedua komponen bekerja sebagai aktuator sistem.
3. Plan dari sistem ini adalah sebuah box media pengeringan biji kakao dengan dimensi 40cm x 30cm x 30 cm.
4. Sensor LM35 digunakan sebagai feedback dari suhu dalam ruang media pengeringan yang akan diteruskan menuju kontroler.

### 7.3.2 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras yang diperlukan pada penelitian kali ini adalah sebuah boks media pengeringan dengan sistem kendali suhu ruangnya. Boks berdimensi 40cm x 30cm x 30 cm akan diberi lubang lubang guna posisi kipas dan pintu masuk susu. Di bagian luar akan ditempelkan modul mikrokontroler dan sebuah LCD guna melihat suhu ruang di dalam boks. Posisi kipas dan pemanas akan diletakkan di kanan dan kiri boks, di salah satu kipas akan dipasang sebuah pemanas sebagai aktuator guna mencapai suhu 60°C. Sensor LM35 akan dipasang di dinding boks bagian dalam agar dapat membaca suhu ruang pengeringan.

### 7.3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Set point yang diterima mikrokontroler Arduino Mega 2560 adalah memiliki jenis sinyal digital, sedangkan feedback dari sensor suhu LM35 berbentuk sinyal tegangan analog, sehingga diperlukan sebuah ADC agar mikrokontroler dapat mengolah data. Akan tetapi, Arduino Mega 2560 ini sudah dilengkapi dengan ADC, sehingga tidak lagi diperlukan adanya rangkaian tambahan.

Sinyal tegangan feedback dari sensor yang telah diubah dalam bentuk sinyal digital akan diolah ke dalam bentuk suhu dengan satuan Celsius. Setelah mendapatkan sinyal dengan bentuk suhu, mikrokontroler akan mengkomparasi kedua sinyal masukan dan menentukan action yang diperlukan oleh aktuator. Sinyal keluaran mikrokontroler merupakan sinyal PWM untuk mengaktifkan atau menon-aktifkan aktuator.

## 7.4 Deskripsi Cara Kerja Sistem

Cara kerja alat ini tidak rumit, yaitu mikrokontroller akan membaca set point yang telah ditentukan sebelumnya dan mengkalulasinya dengan keluaran dari sensor suhu yang membaca suhu dalam media pengeringan. Setelah itu mikrokontroller akan dapat memutuskan langkah apa yang harus diambil guna menyesuaikan suhu di dalam ruang pengeringan sesuai dengan set point yang telah ditentukan. Hal ini dapat dilakukan setelah mikrokontroller deprogram dengan logika fuzzy.

Jika suhu ruang berada di bawah set point, elemen pemanas akan bekerja, panas di sekitar pemanas akan disebar dengan bantuan kipas yang telah dipasang di depan pemanas, sehingga diharapkan suhu dalam media pengeringan akan naik mendekati nilai set point. Sebaliknya, jika suhu media pengeringan berada di atas set point, mikrokontroller akan memicu pemanas dan kipas yang berada di depan pemanas untuk berhenti bekerja dan kipas yang berada jauh dari pemanas bekerja guna mengeluarkan udara panas yang ada di dalam media pengeringan dan diharapkan suhu dalam media pengeringan akan turun mendekati set point.

### **7.5 Pengujian Sistem**

Pengujian sistem dilakukan guna analisis kinerja alat dan kesesuaiannya dengan rencana di awal penelitian. Pengujian akan dilakukan pada masing masing blok dan kemudian secara keseluruhan sistem. Secara garis besar pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian Catu Daya,
2. Pengujian Mikrokontroller,
3. Pengujian Sensor,
4. Pengujian Aktuator, dan
5. Pengujian sistem secara keseluruhan.

## **VIII. Sistematika Penulisan**

Penulisan penelitian ini akan dibagi dalam lima bab, yang terdiri atas:

### **BAB I Pendahuluan**

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

### **BAB II Tinjauan Pustaka**

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

**BAB III Metode Penelitian**

Membahas metode penelitian, perencanaan dan perancangan alat, deskripsi dan cara kerja sistem, serta pengujian sistem.

**BAB IV Hasil dan Pembahasan**

Membahas hasil pengujian sistem yang sudah dibuat dan analisis hasil yang diperoleh.

**BAB V Kesimpulan dan Saran**

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

**IX. Jadwal Kegiatan**

No	Kegiatan	Bulan I				Bulan II				Bulan III				Bulan IV				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Seminar proposal																	
2	Studi literatur																	
3	Pembuatan alat																	
4	Pengujian alat																	
5	Penyusunan laporan																	
6	Seminar hasil																	



## X. Daftar Pustaka

Hayati, Rita, dkk. 2012. Kajian Fermentasi dan Suhu Pengeringan pada Mutu Kakao (*Theobroma cacao L.*)

Winarno, F.G. 1993. *Pangan, Gizi, Teknologi dan Konsumsi*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Winarno, F.G. dan Jennie. 1983. *Kerusakan Bahan Pangan dan Cara Pencegahannya*. Ghalia Indonesia. Jakarta.

Susanto, F.X. Ir. 1994. *Tanaman Kakao*. Cetakan Pertama. Kanisius. Yogyakarta.

Kho, Dickson. 2014. *Pengertian Sensor Suhu dan Jenis-jenisnya*.  
<http://teknikelektronika.com/pengertian-sensor-suhu-jenis-jenis-sensor-suhu/>, diakses tanggal 1 September 2016.

Ogata, Katsuhiko. 1997. *Modern Control Engineering 3<sup>rd</sup> ed.* United States of America: Prentice Hall, Inc.

Ross, Timothy J. 2010. *Fuzzy Logic with Engineering Application 3<sup>rd</sup> ed.* Singapore: Fabulous Printers Ptc. Ltd.

