

**APLIKASI LOGIKA FUZZY UNTUK PENGONTROLAN SUHU  
PADA PENGERINGAN BIJI KAKAO**

**SKRIPSI**

**TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK KONTROL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**WAHYU GUSTI HABIBI**  
**NIM. 125060300111086**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2017**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**



## PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya dan perkenan-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Karya ini tidak mungkin selesai tanpa restu dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya yang tidak terhingga kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Subagyo dan Ibu Yayuk Setia Nuryani atas pengorbanan dan doa restunya sehingga penulis dapat menuntut ilmu sampai jenjang sarjana. Serta, kedua kakak penulis Ummu Habiba dan Ummi Habiba atas segala doa, dukungan, dan motivasi dalam menganyomi penulis hingga saat ini.
2. Bapak M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ali Mustofa, S.T., M.T., selaku ketua Program Studi Sarjana Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
5. Ibu Ir. Purwanto, M.T. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Teknik Kontrol Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya yang selalu memberi semangat dan motivasi untuk cepat menyelesaikan skripsi.
6. Bapak M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D Ibu Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, M.T. sebagai pembimbing pertama dan sebagai pembimbing kedua, ditengah kesibukan beliau berdua selalu memberikan waktu untuk diskusi dengan tulus, sabar memberikan masukan yang sungguh berharga.
7. Para Dosen Pengajar Program Studi Teknik Elektro Universitas Brawijaya, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bekal ilmu pada penulis dalam menyelesaikan studi.
8. Teman-teman UNPAR, Topan, Firman, Seto, Gigih, Aldi, Risal, Aris-Kun, Satrio, Tata, Bobby, Inar, Indro, Ibon, Ali, Bagus, Ilham, Valdy, Thoriq, Baskaraatas segala motivasi dan semangat serta dukungan dalam penggerjaan skripsi.
9. Teman-teman FORSITEK cs terimakasih atas bantuan pengerjaan skripsi dan pengalaman kerjasama yang telah terjalin didalam organisasi.

10. Teman – teman KATAR yang telah memberikan atas segala dukungan dan bantuan dalam penggerjaan skripsi.
11. Teman-teman CONTROL konsentrasi Teknik Kontrol 2012 dan VOLTAGE angkatan 2012 atas segala dukungan dalam pembuatan skripsi.
12. Sinta Dwi Ferma Sinurat atas dukungan semangat, bantuan serta doa dalam penyelesaian skripsi.
13. Septa Pramita K. W. atas bantuan dan semangat dalam pembuatan skripsi.

Sekiranya Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang turut membantu skripsi ini terselesaikan. Akhirnya, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, namun semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin, Terima kasih.

Malang, Januari 2017

Penulis



## RINGKASAN

**Wahyu Gusti Habibi**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2017, Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pengontrolan Suhu pada Pengeringan Biji Kakao, Dosen Pembimbing: M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D dan Dr.Ir. Erni Yudaningtyas, M.T.

Semakin berkembangnya teknologi saat ini memberikan dampak positif pada perkembangan dunia elektronik khususnya di bidang sistem kontrol. Pada saat ini banyak teknologi yang telah menggunakan alat otomatisasi kontrol. Hal tersebut disebabkan oleh keinginan manusia untuk memenuhi kebutuhan dan mendapatkan fasilitas kemudahan dan efisiensi dalam berbagai macam hal. Kakao merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara. Kakao tidak hanya berperan penting sebagai sumber devisa melainkan juga merupakan sumber penghasilan bagi tidak kurang dari satu setengah juta jiwa petani kakao di Indonesia. Berdasarkan permasalahan cuaca yang seringkali timbul pada proses pengeringan biji kakao di indonesia, maka penulis merancang sebuah alat pengering biji kakao yang dapat dikontrol untuk mempertahankan suhu pengeringan secara otomatis, sehingga proses pengeringan tidak terkendala oleh kondisi cuaca yang terjadi. Sistem pengendalian suhu pada alat pengering biji kakao menggunakan metode kontrol logika fuzzy yang dapat melakukan proses pengeringan selama 10 jam dengan set point suhu sebesar  $60^{\circ}\text{C}$ . Proses perancangan kontrol logika fuzzy pada penelitian ini menggunakan 5 *Membership Function* (MF) dengan metode Inferensi MAX-MIN *Composition* dan metode *Defuzzifikasi Center of Gravity* (COG). Pada proses pengendalian, didapatkan *settling time* (ts) sebesar 30 menit dengan nilai *steady state*  $60^{\circ}\text{C}$ , *Error steady state* yang dihasilkan sebesar 0.35%. Proses pengujian pada sistem dilakukan selama 10 jam.

**Kata Kunci:** Biji kakao, Alat pengering otomatis, fuzzy, Arduino uno.



# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



## SUMMARY

**Wahyu Gusti Habibi**, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering Brawijaya University, Januari 2017, Fuzzy Logic Application for Controlling Temperature drying of Cocoa Beans, Academic Supervisor : M. Azis Muslim, S.T., M.T., Ph.D and Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, M.T.

Nowadays, the development of technology has given positive impact towards electronic sector especially in the field of control system. There are a lot of technologies that have been using automation tool control. It is caused by the human desire to meet agricultural commodity that has quiet high economic value among other commodity. It also plays an important role as a source of foreign exchange and a source of income for not less than one and a half million cocoa farmers in Indonesia. Based on weather problems that often arise in the process of drying of cocos beans in Indonesia, the author designed a cocoa beans dryer that can be controlled to maintain drying temperature automatically so that the drying process will not constrained by weather condision that occurs.

Temperature control system in the cocoa beans dryer uses fuzzy logic control method which is able to do the drying process for 10 hours with a set point temperature of  $60^{\circ}\text{C}$ . The design process of fuzzy logic control in this final assignment uses 5 Membership Function (MF) with MAX-MIN composition inference and center of gravity (COG) deffuzification method. The process of controlling obtains the settling time (ts) in 30 minutes with the steady state point of  $60^{\circ}\text{C}$  and error steady state of 0.35%. This drying system is tested for 10 hours.

**Keyword:** Cocoa beans, dryer, fuzzy logic control, SHT11, Arduino uno



# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



## DAFTAR ISI

<b>APLIKASI LOGIKA FUZZY UNTUK PENGONTROLAN SUHU PADA PENGERINGAN BIJI KAKAO .....</b>	i
<b>PENGANTAR .....</b>	iii
<b>RINGKASAN .....</b>	v
<b>SUMMARY .....</b>	vii
<b>DAFTAR ISI .....</b>	ix
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	xv
<b>BAB I .....</b>	1
<b>PENDAHULUAN .....</b>	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	3
<b>BAB II .....</b>	5
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	5
2.1 Kakao .....	5
2.2 Pengeringan .....	6
2.3 Sensor .....	7
2.4 Arduino Uno .....	10
2.4.1 Pin Masukan dan Keluaran Arduino uno .....	11
2.4.2 Sumber Tegangan Pin Arduino .....	12
2.5 Liquid Crystal Display (LCD) .....	13
2.5.1 Material LCD ( <i>Liquid Cristal Display</i> ) .....	13
2.5.2 Pengontrol/ Kontroler LCD ( <i>Liquid Cristal Display</i> ) .....	14



2.5.3 Rangkaian LCD (Liquid Crystal Display).....	15
2.6 Driver Motor L298N .....	16
2.7 Kipas DC 12V .....	17
2.8 Dimmer AC .....	17
2.9 Motor Servo.....	18
2.10 Kontroler .....	19
2.10.1 Kontrol Logika Fuzzy (KLF) .....	19
2.10.2 Struktur Dasar Kontrol Logika Fuzzy .....	20
<b>BAB III .....</b>	<b>21</b>
Metode Penelitian.....	21
3.1 Spesifikasi Alat .....	21
3.2 Perancangan Alat.....	22
3.2.1 Diagram Blok Alat .....	22
3.2.2 Prinsip Kerja Alat.....	23
3.2.3 Perancangan Perangkat Keras .....	24
3.2.4 Perancangan Perangkat Lunak .....	25
<b>BAB IV .....</b>	<b>39</b>
HASIL DAN PEMBAHASAN .....	39
4.1 Pengujian Sensor Suhu SHT11 .....	39
4.1.1 Tujuan pengujian.....	39
4.1.2 Peralatan yang dibutuhkan .....	39
4.1.3 Langkah pengujian .....	39
4.1.4 Hasil Pengujian dan Analisis.....	40
4.2 Pengujian Driver Motor DC L298N.....	43
4.2.1 Tujuan Pengujian.....	43
4.2.2 Peralatan Yang Dibutuhkan.....	43
4.2.3 Langkah Pengujian .....	43

4.2.4 Hasil Pengujian dan Analisis .....	44
4.3 Pengujian Keseluruhan Sistem .....	45
<b>BAB V .....</b>	<b>53</b>
PENUTUP .....	53
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>57</b>
Lampiran 1. Dokumentasi alat pengering biji kakao .....	58
Lampiran 2. Listing Program .....	61
Lampiran 3. DatasheetSHT11.....	66
Lampiran 4. Datasheet Motor Servo MGS9 .....	71
Lampiran 5. Datasheet driver motor L298N .....	74
Lampiran 6. Hasil uji kadar air biji kakao .....	77



# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Pin SHT11 .....	10
Tabel 2.2 Deskripsi Pin LCD 16 x 2 .....	15
Tabel 3.1 Pengujian dimming 0 .....	28
Tabel 3.2 Pengujian dimming 140 .....	29
Tabel 3.3 Pengujian dimming 150 .....	29
Tabel 3.4 Pengujian dimming 170 .....	30
Tabel 3.5 Pengujian dimming 180 .....	30
Tabel 3.6 Pengujian kipas 0 .....	32
Tabel 3.7 Pengujian kipas 8 .....	32
Tabel 3.8 Pengujian kipas 32 .....	33
Tabel 3.9 Pengujian kipas 40 .....	33
Tabel 3.10 Pengujian kipas 255 .....	34
Tabel 3.11 <i>Fuzzy Rule</i> .....	35
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Suhu Sensor SHT11 .....	41
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kelembaban Sensor SHT11 .....	42
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Driver Motor DC L298N .....	44
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Suhu dengan Dimmer 0 (sudut) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Suhu dengan Dimmer 180 (sudut) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Buah Kakao .....	6
Gambar 2.2 Biji Kakao Kering .....	7
Gambar 2.3 Sensor SHT11 .....	7
Gambar 2.4 Konfigurasi Pengkabelan SHT11 .....	8
Gambar 2.5 Digram Blok SHT11 .....	9
Gambar 2.6 Skema Pengambilan Data SHT11 .....	10
Gambar 2.7 Arduino Uno .....	11
Gambar 2.8 Bentuk Modul LCD 16x2 Karakter .....	13
Gambar 2.9 Rangkaian LCD 16x2 .....	16
Gambar 2.10 <i>Driver Motor L298N</i> .....	17
Gambar 2.11 Kipas DC 12 V .....	17
Gambar 2.12 Dimmer AC .....	18
Gambar 2.13 Motor Servo .....	19
Gambar 2.14 Pengendali <i>Fuzzy</i> .....	20
Gambar 3.1 Blok Diagram Alat .....	22
Gambar 3.2 Skema Keseluruhan Sistem (Perancangan).....	24
Gambar 3.3 Listing Program C++ pada <i>Software Arduino 1.6.11</i> .....	25
Gambar 3.4 Blok diagram sistem .....	26
Gambar 3.5 Fungsi Keanggotaan Nilai Masukan <i>FuzzyError Suhu</i> .....	27
Gambar 3.6 Fungsi Keanggotaan Nilai Masukan <i>Fuzzy Kelembaban</i> .....	27
Gambar 3.7 Pengujian Variasi Dimming Lampu .....	31
Gambar 3.8 Fungsi Keanggotaan Keluaran <i>Fuzzy Dimmer</i> .....	31
Gambar 3.9 Pengujian Variasi PWM Kipas .....	34
Gambar 3.10 Fungsi Keanggotaan Keluaran <i>Fuzzy Blower</i> .....	35
Gambar 3.11 Flowchart Seluruh Sistem .....	37
Gambar 4.1 Rangkaian Pengujian Sensor SHT11 .....	40
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Sensor Suhu SHT11 .....	41
Gambar 4.3 Grafik Pengujian Sensor Kelembaban SHT11 .....	42
Gambar 4.4 Rangkaian Pengujian <i>Driver Motor L298N</i> .....	44
Gambar 4.5 Grafik pengujian <i>driver Motor DC L298N</i> .....	45
Gambar 4.7 Listing ProgramPengontrol Suhu pada Pengeringan Biji Kakao.....	46



Gambar 4.8 Rangkaian Keseluruhan Elektrik Sistem.....	47
Gambar 4.9 Rangkaian Keseluruhan Sistem (Tampak Belakang) .....	48
Gambar 4.10 Alat Pengering Biji Kakao.....	49
Gambar 4.11 Grafik Pengujian Kelembaban .....	50
Gambar 4.12 Grafik Pengujian Suhu ( <i>Set Point</i> 60°C) .....	51
Gambar 4.13 Grafik Pengujian Suhu ( <i>Set Point</i> 60°C) dengan Gangguan .....	51
Gambar 4.14 Grafik Pengujian Suhu dengan Variasi Setpoint .....	52



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 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.

Produksi biji kakao Indonesia secara signifikan terus meningkat. Namun dari segi mutu, biji kakao Indonesia masih dianggap rendah di pasaran Internasional. Hal ini menyebabkan biji kakao yang diolah tidak memenuhi syarat di pasaran. Contohnya seperti biji kakao yang 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).

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.

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. Berdasarkan pentingnya proses pengeringan yang baik yang tidak tergantung pada cuaca, maka dari itu dibuatlah rancangan bangun alat pengering otomatis pada biji kakao. Pengeringan biji kakao dengan 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 pengeringan pada suhu 60°C selama 10 jam merupakan perlakuan terbaik dari semua perlakuan. (Hayati, 2012)

Penulis mencoba melakukan penelitian tentang pengontrolan suhu pada pengeringan biji kakao dengan metode logika fuzzy. Pertama-tama penulis memakai metode ON-OFF, dengan metode ON-OFF ini suhu terlalu cepat turun dann naik. Hal ini dirasa kurang efektif. Metode kontrol *fuzzy logic* dipilih karena mempunyai kelebihan dibandingkan metode kontrol lain yang sering digunakan seperti *Proportional Integral Derivative* (PID). Hal ini dikarenakan *fuzzy controller* mencakup daerah operasi yang lebih luas daripada pengendali PID dan dapat bekerja dengan lingkungan yang bernois dan banyak pengganggu. Selain itu, *fuzzy controller* lebih mudah dimodifikasi karena *fuzzy controller* lebih mudah dimengerti. Hal ini dikarenakan *fuzzy controller* menggunakan strategi operator yang dinyatakan dengan bahasa alamiah

## 1.2 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 pengeringan biji kakao dengan kontrol logika fuzzy (KLF)
2. Bagaimana rancangan program pengontrol suhu pengeringan biji kakao.

## 1.3 Batasan Masalah

Dengan mengacu pada rumusan masalah yang telah dibuat, maka hal-hal yang berkaitan dengan perancangan akan diberi batasan sebagai berikut:

- 1) Alat pengendali suhu pada proses pengeringan biji kakao yang digunakan adalah model miniatur yang dibuat dengan desain sendiri
- 2) Dimensi miniatur panjang 40 cm, lebar 30 cm , tinggi 30 cm
- 3) Proses yang diteliti adalah proses pengeringannya
- 4) Menggunakan kontrol logika fuzzy pada sistem pengontrolannya
- 5) Suhu proses pengeringan 60°C selama 10 jam
- 6) Sensor suhu dan kelembaban yang digunakan adalah SHT11
- 7) Menggunakan mikrokontroler Arduino uno



## 1.4 Tujuan

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





UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Untuk memudahkan dalam memahami cara kerja rangkaian maupun dasar-dasar perencanaan dari alat ini maka perlu adanya penjelasan dan uraian teori penunjang yang digunakan dalam penulisan ini. Teori penunjang yang akan dijelaskan dalam bab ini adalah:

#### 2.1 Kakao

Kakaomerupakan tumbuhan tahunan (*perennial*) berbentuk pohon, di alam dapat mencapai ketinggian 10m. Meskipun demikian, dalam pembudidayaan tingginya dibuat tidak lebih dari 5m tetapi dengan tajuk menyamping yang meluas. Hal ini dilakukan untuk memperbanyak cabang produktif.

Bunga kakao, sebagaimana anggota Sterculiaceae lainnya, tumbuh langsung dari batang (*cauliflorous*). Bunga sempurna berukuran kecil (diameter maksimum 3 cm), tunggal, namun nampak terangkai karena sering sejumlah bunga muncul dari satu titik tunas. Bunga kakao tumbuh dari batang. Penyerbukan bunga dilakukan oleh serangga (terutama lalat kecil (*midge*) *Forcipomyia*, semut bersayap, afid, dan beberapa lebah *Trigona*) yang biasanya terjadi pada malam hari<sup>1</sup>. Bunga siap diserbuki dalam jangka waktu beberapa hari.

Kakao secara umum adalah tumbuhan menyerbuk silang dan memiliki sistem inkompatibilitas-sendiri (lihat penyerbukan). Walaupun demikian, beberapa varietas kakao mampu melakukan penyerbukan sendiri dan menghasilkan jenis komoditi dengan nilai jual yang lebih tinggi.

Buah tumbuh dari bunga yang diserbuki. Ukuran buah jauh lebih besar dari bunganya, dan berbentuk bulat hingga memanjang. Buah terdiri dari 5 daun buah dan memiliki ruang dan di dalamnya terdapat biji. Warna buah berubah-ubah. Sewaktu muda berwarna hijau hingga ungu. Apabila masak kulit luar buah biasanya berwarna kuning.

Biji terangkai pada plasenta yang tumbuh dari pangkal buah di bagian dalam. Biji dilindungi oleh salut biji (aril) lunak berwarna putih. Dalam istilah pertanian disebut *pulp*. Endospermia biji mengandung lemak dengan kadar yang cukup tinggi. Dalam pengolahan



pascapanen, pul di fermentasi selama tiga hari lalu biji dikeringkan dibawah sinar matahari. Buah kakao ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Buah Kakao  
(sumber :www.jitunews.com)

## 2.2 Pengeringan

Kadar air merupakan salah satu karakteristik yang sangat penting pada bahan Karena dapat mempengaruhi penampakan, tekstur dan cita rasa pada bahan pangan (Winarno, 1993).

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. Hal ini disebabkan kemampuan bahan untuk melepaskan air dari permukaan bahan akan semakin besar dengan meningkatnya suhu pengeringan yang digunakan (Thaib, 1987). Biji kakao yang sudah dikeringkan sebaiknya harus diantara 6% - 7%.Bila biji kurang kering pada kandungan air diatas 8% biji mudah ditumbuhi jamur. Akan tetapi pengeringan dengan menggunakan suhu yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan pengeringan yang tidak merata yaitu bagian luar kering, sedangkan bagian dalam masih banyak mengadung air Wirakartakusuma (1992). Biji kakao yang sudah dikeringkan ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Biji Kakao Kering  
(sumber : grosirmesin.com)

### 2.3 Sensor

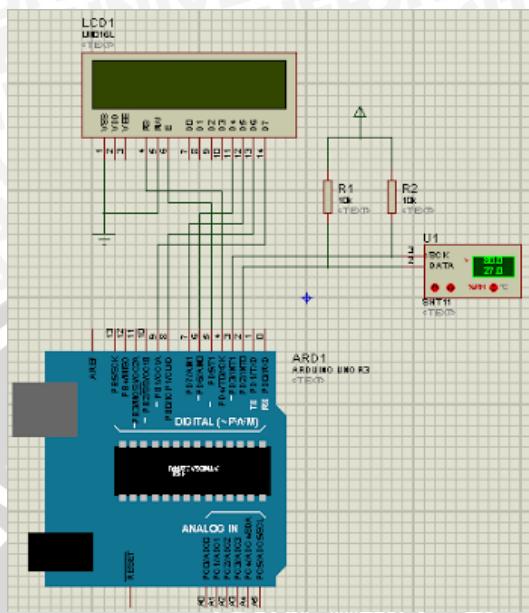
SHT11 *module* merupakan modul sensor suhu dan kelembaban relatif dari Sensirion. Modul ini dapat digunakan sebagai alat pengindra suhu dan kelembaban dalam aplikasi pengendali suhu dan kelembaban ruangan maupun aplikasi pemantau suhu dan kelembaban relatif ruangan. SHT11 *module* ditunjukkan pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Sensor SHT11  
(sumber :www.emartee.com)

Komunikasi data SHT11 tidak menggunakan I2C, melainkan menggunakan digital 2-wire interface, yang mana menggunakan dua buah signal, yakni data dan *clock*. Berbeda dengan I2C yang mana pada Arduino secara *default* menggunakan *library* Wire.h, untuk SHT11 tidak menggunakannya. Untuk I2C pada *board* Arduino Uno (Gambar 2.4) dilakukan dengan menghubungkan pin analog A4 (SDA, serial data) ke pin SDA suatu perangkat dan pin analog A5 (SCL, serial *clock*) ke pin SCL perangkat yang support I2C.

Untuk SHT11, pin SDA dan SCL dari sensor tersebut dapat disambungkan ke pin mana saja (yang *support*), tidak terbatas pada pin A4 dan A5 di Arduino Uno. Contoh konfigurasi pengkabelan SHT11, arduino dan LCD dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 2.4 Konfigurasi Pengkabelan SHT11  
(sumber : lang8088.blogspot.co.id)

### 2.3.1 Spesifikasi Sensor SHT11

Spesifikasi sensor suhu dan kelembaban SHT11 antara lain dapat disebutkan sebagai berikut :

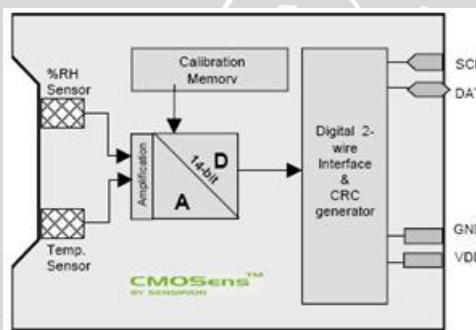
- Berbasis sensor suhu dan kelembaban relatif Sensirion SHT11
- Mengukur suhu dari -40C hingga +123,8C, atau dari -40F hingga +254,9F dan kelembaban relatif dari 0%RH hingga 100%RH
- Memiliki ketetapan (akurasi) pengukuran suhu hingga 0,5C pada suhu 25C dan ketepatan (akurasi) pengukuran kelembaban relatif hingga 3,5%RH
- Memiliki atarmuka serial *synchronous 2-wire*, bukan I2C
- Jalur antarmuka telah dilengkapi dengan rangkaian pencegah kondisi sensor *lock-up*
- Membutuhkan catu daya +5V DC dengan konsumsi daya rendah 30  $\mu$ W
- Modul ini memiliki faktor bentuk 8 pin DIP 0,6 sehingga memudahkan pemasangannya



### 2.3.2 Prinsip Kerja Sensor SHT11

SHT11 adalah sebuah single chip sensor suhu dan kelembaban relatif dengan multi modul sensor yang outputnya telah dikalibrasi secara digital. Dibagian dalamnya terdapat kapasitas polimer sebagai eleman untuk sensor kelembaban relatif dan sebuah pita regangan yang digunakan sebagai sensor temperatur. Output kedua sensor digabungkan dan dihubungkan pada ADC 14 bit dan sebuah interface serial pada satu chip yang sama. Sensor ini menghasilkan sinyal keluaran yang baik dengan waktu respon yang cepat. SHT11 ini dikalibrasi pada ruangan dengan kelembaban yang teliti menggunakan hygrometer sebagai referensinya. Koefisien kalibrasinya telah diprogramkan kedalam OTP memory. Koefisien tersebut akan digunakan untuk mengaklirasi keluaran dari sensor selama proses pengukuran.

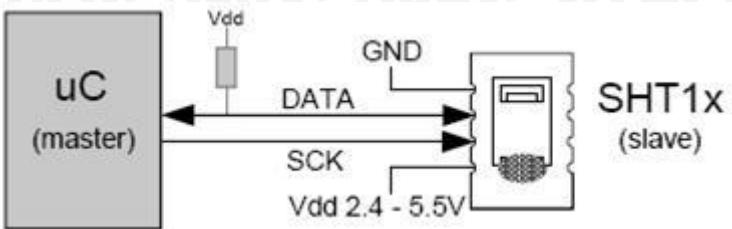
### 2.3.3 Diagram Blok Sensor SHT11



Gambar 2.5 Digram Blok SHT11  
 (sumber :[www.sensiron.com](http://www.sensiron.com))

Sistem sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban adalah SHT11 dengan sumber tegangan 5 Volt dan komunikasi bidirektional 2-wire. Sistem sensor ini mempunyai 1 jalur data yang digunakan untuk perintah pengalaman dan pembacaan data. Diagram blok sensor SHT11 ditunjukkan pada gambar 2.5 .Pengambilan data untuk masing-masing pengukuran dilakukan dengan memberikan perintah pengalaman oleh mikrokontroler. Kaki serial Data yang terhubung dengan mikrokontroler memberikan perintah pengalaman pada pin Data SHT11 “00000101” untuk mengukur kelembaban relatif dan “00000011” untuk pengukuran temperatur. SHT11 memberikan keluaran data kelembaban dan temperatur pada pin Data secara bergantian sesuai dengan clock yang diberikan mikrokontroler agar sensor dapat bekerja. Sensor SHT11 memiliki ADC (Analog to Digital Converter) di dalamnya sehingga keluaran data SHT11 sudah terkonversi dalam

bentuk data digital dan tidak memerlukan ADC eksternal dalam pengolahan data pada mikrokontroler. Skema pengambilan data SHT11 dapat dilihat pada gambar berikut ini. Skema pengambilan data SHT11 dapat dilihat pada gambar 2.6 .



Gambar 2.6 Skema Pengambilan Data SHT11

(sumber :[www.sensiron.com](http://www.sensiron.com))

### 2.3.4 Pin Pada SHT11

SHT11 memiliki 4 pinhead yang masing - masing adalah DATA, SCK, GND (-), dan VDD (+). Tabel pin SHT dapat dilihat pada tabel 2.1 .

Tabel 2.1 Tabel Pin SHT11

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial data bidirectional
3	SCK	Serial clock input
4	VDD	Supply 2.4-5.5V

(sumber :[www.sensiron.com](http://www.sensiron.com))

Pada perancangan alat ini, pin VDD dan GND SHT11 dihubungkan pada catu +5V dan ground sistem, pin DATA SHT11 dihubungkan pada PORTC.9 mikrokontroler, dan pin SCK SHT11 dihubungkan pada PORTC.8 mikrokontrolerr arduino uno.

### 2.4 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Uno memiliki 14 pin digital input / output (dimana 6 dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog,



resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol reset. Uno dibangun berdasarkan apa yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, sumber daya bisa menggunakan power USB (jika terhubung ke komputer dengan kabel USB) dan juga dengan adaptor atau baterai Arduino Uno berbeda dari semua papan sebelumnya dalam hal tidak menggunakan FTDI chip driver USB-to-serial. Sebaliknya, fitur Atmega16U2 (Atmega8U2 sampai versi R2) diprogram sebagai konverter USB-to-serial. Revisi 2 dari Uno memiliki resistor pulling 8U2 HWB yang terhubung ke tanah, sehingga lebih mudah untuk menggunakan mode DFU. Arduino uno dapat dilihat dalam gambar 2.7 .



Gambar 2.7 Arduino Uno  
(sumber :[www.arduino.cc](http://www.arduino.cc))

#### 2.4.1 Pin Masukan dan Keluaran Arduino uno

Masing-masing dari 14 pin digital Uno dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi pinMode(), digitalWrite(), dan digitalRead(). Mereka beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal (terputus secara default) dari 20-50 kOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi spesial:

- Serial: pin 0 (RX) dan 1 (TX) Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL. Pin ini terhubung dengan pin ATmega8U2 USB-to-Serial TTL.
- Eksternal Interupsi: Pin 2 dan 3 dapat dikonfigurasi untuk memicu interrupt pada nilai yang rendah (low value), rising atau falling edge, atau perubahan nilai. Lihat fungsi attachInterrupt() untuk rinciannya.
- PWM: Pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11 Menyediakan 8-bit PWM dengan fungsi analogWrite()
- SPI: pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan perpustakaan SPI

- LED: pin 13. Built-in LED terhubung ke pin digital 13. LED akan menyala ketika diberi nilai HIGH

Arduino Uno memiliki 6 input analog, berlabel A0 sampai A5, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara default mereka mengukur dari ground sampai 5 volt, perubahan tegangan maksimal menggunakan pin AREF dan fungsi analogReference(). Selain itu, beberapa pin tersebut memiliki spesialisasi fungsi, yaitu TWI: pin A4 atau SDA dan A5 atau SCL mendukung komunikasi TWI menggunakan perpustakaan Wire. Ada beberapa pin lainnya yang tertulis di board:

- AREF. Tegangan referensi untuk input analog. Dapat digunakan dengan fungsi analogReference().
- Reset. Gunakan LOW untuk me-reset mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset.

#### 2.4.2 Sumber Tegangan Pin Arduino

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Untuk sumber daya Eksternal (non-USB) dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan memasukkan 2.1mm jack DC ke colokan listrik board. Baterai dapat dimasukkan pada pin header Gnd dan Vin dari konektor DAYA.

Board dapat beroperasi pada pasokan eksternal dari 6 sampai 20 volt. Jika Anda menggunakan tegangan kurang dari 6 volt mungkin tidak akan stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan merusak papan. Rentang yang dianjurkan adalah 7 sampai 12 volt. Pin listrik yang tersedia adalah sebagai berikut:

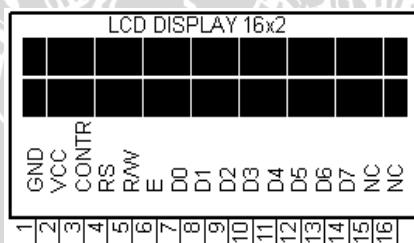
- VIN. Input tegangan ke board Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal. Anda dapat menyediakan tegangan melalui pin ini, atau, jika Anda ingin memasok tegangan melalui colokan listrik, gunakan pin ini.
- 5V. Pin ini merupakan output 5V yang telah diatur oleh regulator papan Arduino. Board dapat diaktifkan dengan daya, baik dari colokan listrik DC (7 - 12V), konektor USB (5V), atau pin VIN board (7-12V). Jika Anda memasukan tegangan melalui pin 5V atau 3.3V secara langsung (tanpa melewati regulator) dapat merusak papan Arduino. Penulis tidak menyarankan itu.
- Tegangan pada pin 3V3. 3.3Volt dihasilkan oleh regulator on-board. Menyediakan arus maksimum 50 mA.

- GND. Pin Ground.
- IOREF. Pin ini di papan Arduino memberikan tegangan referensi ketika mikrokontroler beroperasi. Sebuah shield yang dikonfigurasi dengan benar dapat membaca pin tegangan IOREF sehingga dapat memilih sumber daya yang tepat agar dapat bekerja dengan 5V atau 3.3V.

## 2.5 Liquid Crystal Display (LCD)

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.

Pada perancangan sistem ini menggunakan LCD modul 16x2 karakter. Bentuk fisik LCD modul ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Bentuk Modul LCD 16x2 Karakter  
(sumber : [www.kautsar-sam.blogspot.co.id](http://www.kautsar-sam.blogspot.co.id))

### 2.5.1 Material LCD (*Liquid Cristal Display*)

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan *sandwich* memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horizontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.

### 2.5.2 Pengontrol/ Kontroler LCD (*Liquid Cristal Display*)

Dalam modul LCD (*Liquid Cristal Display*) terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD (*Liquid Cristal Display*). Mikrontroler pada suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan mikrokontroler internal LCD adalah :

- DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
- CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter di mana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
- CGROM (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD (*Liquid Cristal Display*) tersebut sehingga pengguna tinggal mangambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

Register control yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah:

- Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD (*Liquid Cristal Display*) pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat dibaca pada saat pembacaan data.
- Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau keDDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut keDDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Pin, kaki atau jalur *input* dan kontrol dalam suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) diantaranya adalah :

- Pin data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.
- Pin RS (*Register Select*) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika *low* menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika *high* menunjukkan data.
- Pin R/W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika *low* tulis data, sedangkan *high* baca data.
- Pin E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.

- Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) di mana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 Kohm, jika tidak digunakan dihubungkan ke *ground*, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt. yang pertama sampai dengan alamat yang terakhir pada program.

Tabel deskripsi pin LCD 16X2 ditunjukkan dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Deskripsi Pin LCD 16 x 2

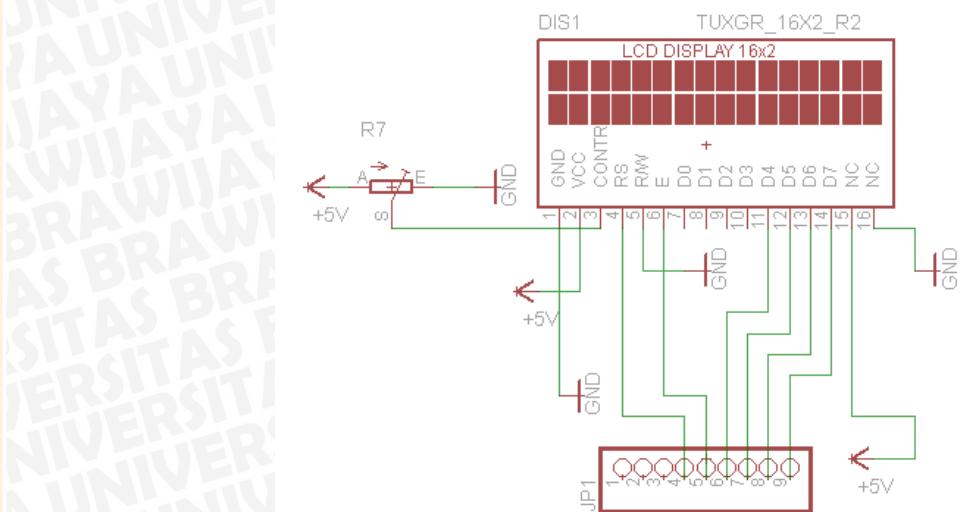
No	Nama Pin	Deskripsi
1	VCC	5V
2	GND	0V
3	VEE	Tegangan kontras LCD
4	RS	Register Select
5	R/W	1=Read, 0=Write
6	E	Enable Clock LCD
7	D0	Data Bus 0
8	D1	Data Bus 1
9	D2	Data Bus 2
10	D3	Data Bus 3
11	D4	Data Bus 4
12	D5	Data Bus 5
13	D6	Data Bus 6
14	D7	Data Bus 7
15	Anoda	Tegangan Positif Backlight
16	Katoda	Tegangan Negatif Backlight

### 2.5.3 Rangkaian LCD (Liquid Crystal Display)

Pada rangkaian ini digunakan LCD karakter 16x2. LCD ini adalah LCD dot matriks dengan penggunaan daya yang kecil. Modul LCD ini dilengkapi dengan tingkat kontras yang tinggi dan dapat diatur kecerahannya. Spesifikasi LCD sebagai berikut:

1. Memiliki 16 karakter dengan 2 baris tampilan yang terdiri atas 5x7 dot matriks ditambah dengan kursor.
2. Catu daya yang dibutuhkan sebesar 5V.
3. Reset otomatis saat dinyalakan.
4. 80x8 *display RAM* (maksimal 80 karakter).
5. Menggunakan 4 bit data dan 3 bit kontrol.
6. *Adjustable contrast* dan *backlight*.

Skema rangkaian LCD dengan mikrokontroler ditunjukkan dalam Gambar 2.9

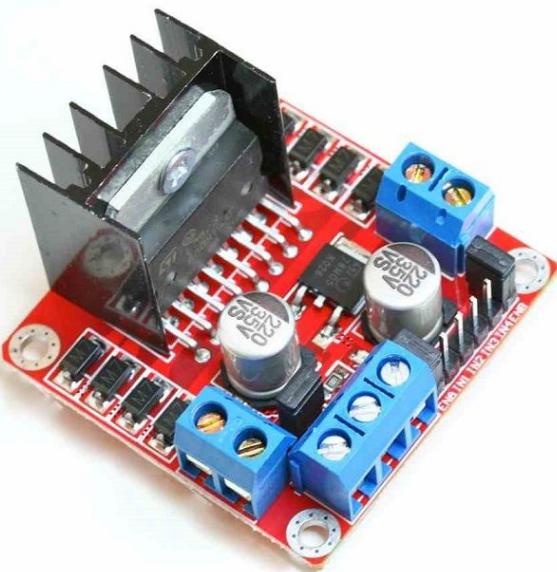


Gambar 2.9 Rangkaian LCD 16x2  
(sumber : [www.kautsar-sam.blogspot.co.id](http://www.kautsar-sam.blogspot.co.id))

Dalam rangkaian LCD dipasang sebuah resistor variabel pada pin kontras untuk mengatur tegangan masuk yang bertujuan untuk pengaturan kontras dan kecerahan LCD. Pin 1, pin 5, dan pin 16 LCD dihubungkan dengan kaki 3 resistor variabel yang kemudian terhubung dengan ground sistem . Pin 2 dan pin 15 LCD dihubungkan dengan kaki 1 resistor variabel yang kemudian terhubung dengan catu daya +5V pada sistem. Pin 3 LCD dihubungkan dengan kaki 2 resistor variabel. Pin 4, 6, 11, 12, 13, 14 LCD masing-masing dihubungkan dengan PORTC.2, PORTC.3, PORTC.4, PORTC.5, PORTC.6, dan PORTC.7 pada mikrokontroler arduino uno. Pin 7, 8, 9, 10 LCD dibiarkan tidak terpasang.

## 2.6 Driver Motor L298N

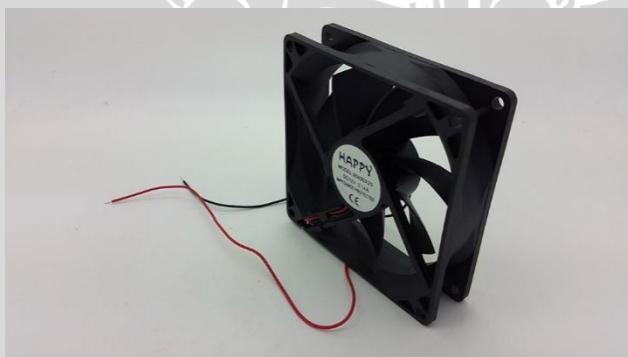
*Driver* motor L298N (gambar 2.6) dicatuh +12V, dan di dalamnya terdapat regulator 5V yang dihubungkan untuk mencatu mikrokontroler arduino uno. *Driver* ini digunakan untuk mengendalikan kecepatan putaran motor DC yang menjadi penggerak kipas. Modul ini dihubungkan dengan Pin 11 mikrokontroler untuk mendapat *output* dengan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) sebagai *input*.*Driver* motor L298N dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.10 *Driver Motor L298N*  
(sumber : [www.instructables.com](http://www.instructables.com))

### 2.7 Kipas DC 12V

Kipas DC adalah alat yang berfungsi untuk menghasilkan aliran pada fluida gas seperti udara. Kipas menghasilkan aliran fluida dengan debit aliran yang besar pada tekanan rendah. Kipas DC seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.11 digerakkan oleh motor DC yang ada di dalamnya.



Gambar 2.11 Kipas DC 12 V  
(sumber :[www.tokopedia.com](http://www.tokopedia.com))

### 2.8 Dimmer AC

Rangkaian lampu dimmer AC dengan TRIAC berfungsi sebagai alat untuk mengatur intensitas nyala lampu AC (lampu pijar). Rangkaian lampu dimmer dengan TRIAC ini sangat sederhana dan dapat digunakan untuk mengontrol intensitas nyala AC 220V dengan daya hingga 200 watt. Rangkaian lampu dimmer ini dibangun menggunakan TRIAC.

Lampu dimmer dengan TRIAC ini dapat digunakan untuk mengontrol lampu dengan tegangan AC 110 volt hingga 220V. Dimmer AC dengan TRIAC ditunjukkan pada gambar 2.12 .



Gambar 2.12 Dimmer AC  
(sumber : [www.prodctodc.com](http://www.prodctodc.com))

## 2.9 Motor Servo

Motor servo yang ditunjukkan pada gambar 2.13 adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di set-up atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor. motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo.

Penggunaan sistem kontrol loop tertutup pada motor servo berguna untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir dari poros motor servo. Penjelasan sederhananya begini, posisi poros output akan di sensor untuk mengetahui posisi poros sudah tepat seperti yang di inginkan atau belum, dan jika belum, maka kontrol input akan mengirim sinyal kendali untuk membuat posisi poros tersebut tepat pada posisi yang diinginkan



Gambar 2.13 Motor Servo  
(sumber : [www.zonaelektronik.net](http://www.zonaelektronik.net))

## 2.10 Kontroler

Kontroler merupakan salah satu komponen sistem yang berfungsi mengolah sinyal umpan balik dan sinyal referensi menjadi sinyal kontrol sedemikian rupa sehingga performansi dari sistem yang dikendalikannya sesuai dengan spesifikasi performansi yang diinginkan.

Keberadaan kontroler dalam sebuah sistem kontrol mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem. Hal ini 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 seperti kontroler. 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, 1996: 197-204).

### 2.10.1 Kontrol Logika Fuzzy (KLF)

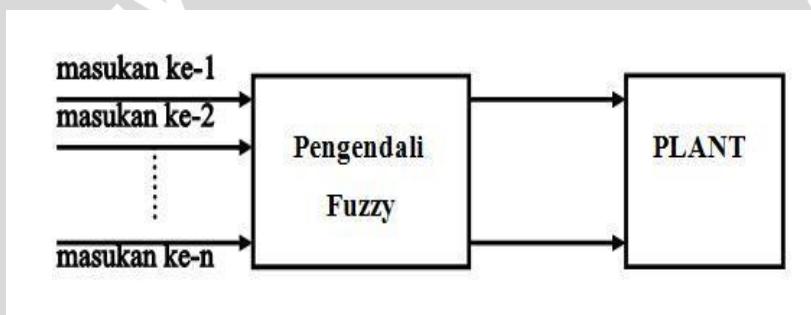
Fuzzy secara harfiah berarti samar, sedangkan kebalikannya dalam hal ini adalah *Crisp* yang secara harfiah berarti tegas. Dalam kehidupan sehari-hari nilai samar lebih akrab daripada nilai tegas. Temperatur tertentu biasa dinyatakan sebagai panas, agak panas, atau sangat dingin daripada dinyatakan dalam nilai terukur tertentu.

Tahun 1965 L.A. Zadeh memodifikasi teori himpunan yang disebut himpunan kabur (*fuzzy Set*). Himpunan *fuzzy* di dasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sehingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval [0,1].

Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu nilai dalam semesta pembicaraan tidak hanya berada pada 0 atau 1, namun juga nilai yang terletak diantaranya. Dengan kata lain nilai kebenaran suatu hal tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar dan masih ada nilai-nilai yang terletak diantaranya. Sejak tahun 1982 pengontrolan berbasis logika *fuzzy* mengalami perkembangan pesat, terutama dalam hubungannya dengan penyelesaian masalah kendali yang bersifat tak linier, sulit dimodelkan, berubah karakteristiknya terhadap waktu (*time varying*) dan kompleks.

## 2.10.2 Struktur Dasar Kontrol Logika Fuzzy

Dalam sistem pengendalian dengan logika *fuzzy* dilibatkan suatu blok pengontrol yang menerima satu atau lebih masukan dan mengumpulkan satu atau lebih keluaran ke plant atau blok lain sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Pengendali *Fuzzy*

Komponen utama penyusun kontrol logika fuzzy adalah unit *fuzzifikasi*, *fuzzy inference*, dan unit *defuzzifikasi*.

### BAB III

#### Metode Penelitian

Penyusunan skripsi ini merupakan penelitian yang berdasar pada masalah aplikatif pada dunia teknologi pertanian. Dengan merancang suatu pengontrol suhu pada alat pengering biji kakao, diharapkan proses pengeringan dapat berjalan dengan baik dan mendapatkan biji kakao yang berkualitas, serta efisiensi waktu.

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

1. Penentuan spesifikasi alat
2. Perancangan dan pembuatan alat
3. Pengujian alat
4. Pengambilan kesimpulan

##### 3.1 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat secara keseluruhan harus ditentukan terlebih dahulu agar didapatkan kinerja system yang efektif dan sesuai keinginan. Spesifikasi alat yang akan direalisasikan adalah sebagai berikut:

1. Ruang pengeringan buatan sendiri yang digunakan memiliki panjang 40 cm, lebar 30 cm , tinggi 30 cm terbuat dari boks kayu.
2. Sensor suhu dan kelembaban yang digunakan adalah SHT11.
3. Mikrokontroler yang digunakan adalah arduino uno.
4. Kontroler yang digunakan adalah Kontrol Logika Fuzzy.
5. *Software* yang digunakan untuk pemrograman adalah arduino 1.6.11.
6. Aktuator berupa 2lampa pijar 100 watt dan 2 buah kipas DC.
7.  $E_{ss}$  (*error steady state*) < 8.33%
8.  $M_p$ (*max overshoot*)< 8.33%
9. Durasi alat pengering biji kakao selama 10 jam
10. Kadar air biji kakao antara 6 % - 8%

### 3.2 Perancangan Alat

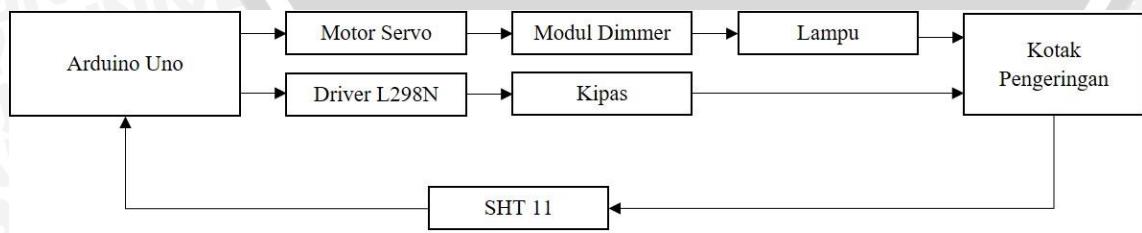
Perancangan ini bertujuan untuk mendeskripsikan cara kerja sistem secara keseluruhan sehingga memudahkan dalam proses perancangan alat pengering. Sensor suhu dan kelembaban diletakkan di dalam ruang pengeringan di dekat biji kakao yang akan membaca kondisi suhu dan kelembaban, kemudian memberikan sinyal informasi. Sensor suhu dan kelembaban yang digunakan adalah sensor SHT11 yang memiliki keluaran Digital. Output sensor berupa informasi yang dapat langsung dikirim ke mikrokontroler arduino uno, kemudian akan diolah dan diproses menggunakan kontrol logika fuzzy. Suhu di dalam alat pengering akan dijaga konstan pada *setpoint* 60°C dengan memanfaatkan lampu pijar 100 watt dan 2 buah kipas DC 12V.

Adanya gangguan pada sistem ini dikarenakan perubahan suhu dan kelembaban dari luar ruang yang berdampak pada perubahan suhu dan kelembaban di dalam ruang pengeringan. Apabila sensor SHT11 mendeteksi tingkat perubahan suhu yang tidak sesuai dengan setpoint, sensor akan mengirim sinyal ke mikrokontroler sehingga program pada mikrokontroler mulai dieksekusi, kemudian aktuator yang dibutuhkan akan menyala sampai suhu mencapai *setpoint* yang diinginkan.

Kontrol logika fuzzy yang terdapat pada sistem berfungsi sebagai pengolah nilai masukan dari sensor yang akan menggerakkan aktuator untuk mencapai *setpoint* yang sudah ditentukan dengan waktu tercepat. Respon yang dikeluarkan oleh mikrokontroler berupa PWM sebagai input motor servo yang akan mengaktifkan driver dimmer sebagai pengontrol intensitas cahaya lampu, serta sinyal PWM akan dimasukkan ke *input driver* motor yang berfungsi sebagai pengontrol kecepatan motor kipas DC.

#### 3.2.1 Diagram Blok Alat

Diagram blok perancangan alat ditunjukkan dalam Gambar 3.1



Gambar 3.1 Blok Diagram Alat

Keterangan blok diagram Gambar 3.1 adalah sebagai berikut:

1. Sensor SHT11 berfungsi membaca kondisi suhu dan kelembaban tempat pengeringan dan sebagai *input* untuk mikrokontroler arduino uno.
2. Aktuator pengendali suhu yang digunakan adalah 2 buah lampu pijar 100 watt yang akan diatur intensitas cahayanya dan 2 buah kipas DC di mana kipas pertama mengeluarkan udara panas dari dalam dan kipas kedua mengambil udara dingin dari luar ruangan tempat pengeringan yang dikendalikan dengan Kontrol Logika Fuzzy (KLF).
3. *Driver* motor L298N digunakan sebagai perantara kontrol dengan masukan PWM dan keluaran analog.
4. Motor servo sebagai perantara pengendali putaran potensio sebagai peredup lampu
5. Mikrokontroler arduino uno digunakan sebagai pengontrol utama dan akses untuk seluruh sistem.

### 3.2.2 Prinsip Kerja Alat

Cara kerja sistem adalah sebagai berikut:

1. Catu daya yang digunakan ada 3 macam yaitu sebesar 220 volt untuk mencatu 2 lampu pijar 100 watt dan driver dimmer, 12 volt untuk mencatu motor *driver* motor L298N yang terhubung pada 2 kipas DC, 5 volt untuk mencatu mikrokontroler arduino uno,sensor SHT11,dan LCD.
2. Sensor SHT11 membaca suhu dan kelembaban dan akan menghasilkan keluaran sebagai masukan pada mikrokontroler. Masukan dari sensor SHT11 akan diproses oleh mikrokontroler dengan algoritma kontrol logika fuzzy. Kemudian mikrokontroler memberikan *output* 0 - 180 untuk mengatur intensitas lampu dan, memberikan *output* 0 – 255 untuk mengatur PWM yang dapat mengontrol putaran kipas DC.
3. Pemanas yang digunakan adalah 2 buah lampu pijar 100 watt yang telah terhubung dengan mikrokontroler melalui perantara dimmer dan motor servo. Sirkulasi suhu pada ruangan diatur melalui 2 kipas dengan penggerak motor DC.*Driver* motor L298N sebagai perantara antara *output* mikrokontroler dengan *input* motor DC pada kipas sebagai pengendali putaran motor. Motor tersebut akan memutar baling-baling pada kipas. LCD digunakan sebagai monitor di

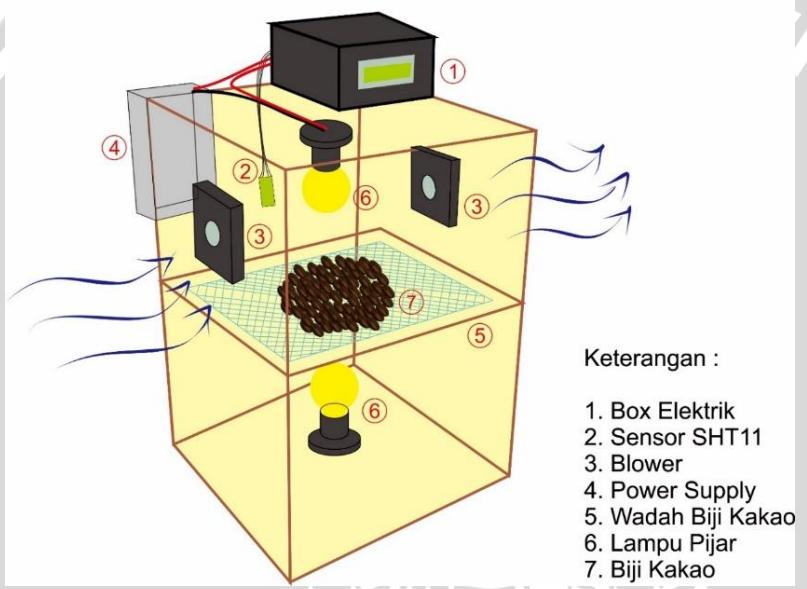
dalam ruang pengeringan. Monitor tersebut mencakup informasi suhu, kelembaban, *output* derajat dimmingserta *output*PWM.

4. Komunikasi antara mikrokontroler dengan PC (Personal Computer) menggunakan kabel USB ASP. Sedangkan komunikasi antaramikrokontroler dengan LCD dihubungkan dengan menggunakan kabel penghubung atau kabel jumper.

### 3.2.3 Perancangan Perangkat Keras

Skema perancangan sistem dapat dilihat dalam Gambar 3.2

Desain Alat Pengering Biji Kakao



Gambar 3.2 Skema Keseluruhan Sistem (Perancangan)

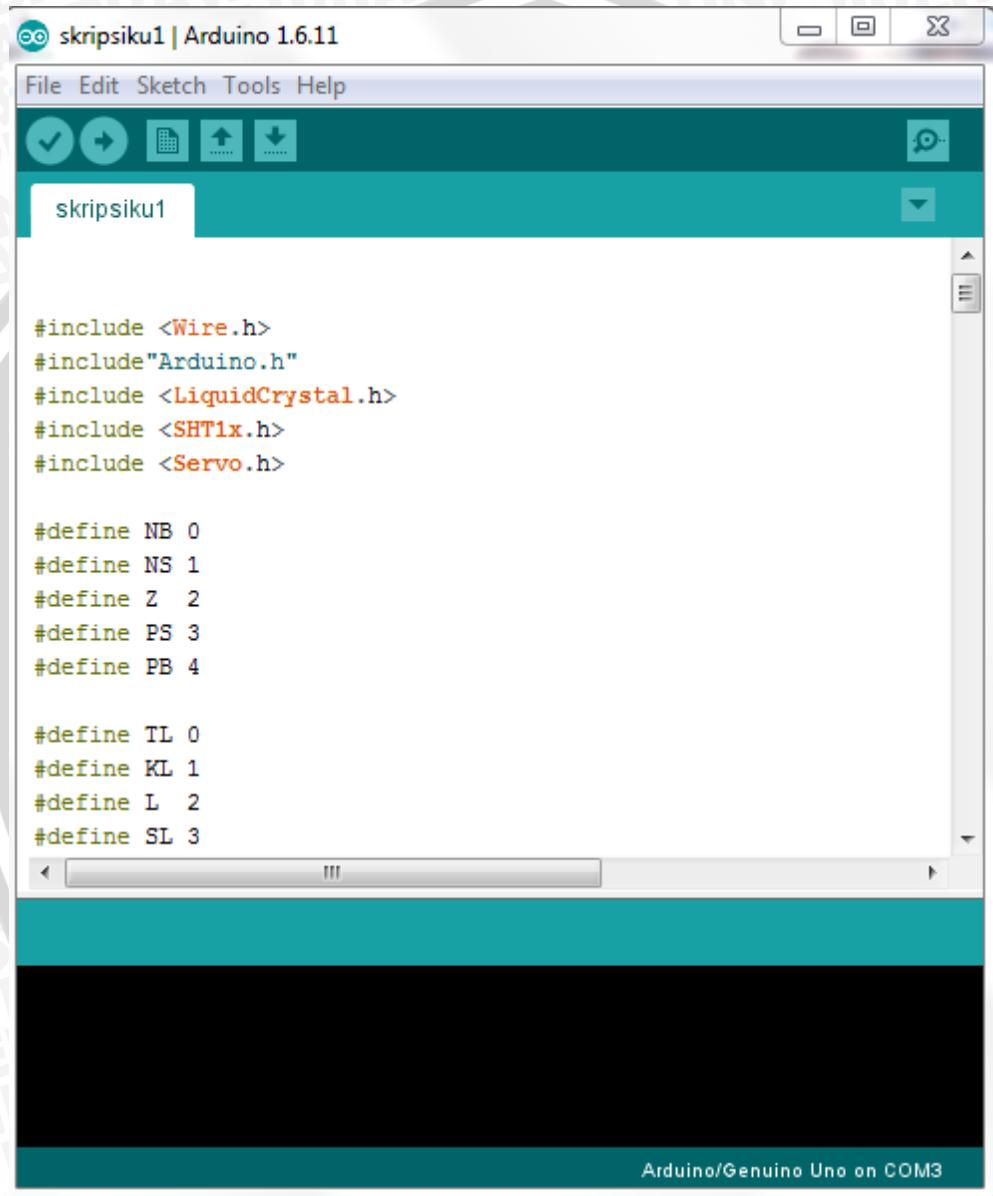
Berdasarkan diagram blok perancangan alat yang telah disusun, perancangan perangkat keras meliputi rangkaian sensor SHT11, rangkaian LCD, sistem arduino uno, motor servo sebagai pengendali dimmer dan drivermotor L298N. Berikut merupakan penjelasan masing-masing perancangan perangkat keras alat pengontrol suhu pada pengeringan biji kakao :



### 3.2.4 Perancangan Perangkat Lunak

#### 3.2.4.1 Perancangan Program Bahasa C++ Pada Arduino

Perancangan perangkat lunak pada alat ini menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan menggunakan *software* Arduino 1.6.11. Contoh listing program C++ pada *software* arduino seperti terlihat dalam gambar 3.3



```
#include <Wire.h>
#include "Arduino.h"
#include <LiquidCrystal.h>
#include <SHT1x.h>
#include <Servo.h>

#define NB 0
#define NS 1
#define Z 2
#define PS 3
#define PB 4

#define TL 0
#define KL 1
#define L 2
#define SL 3
```

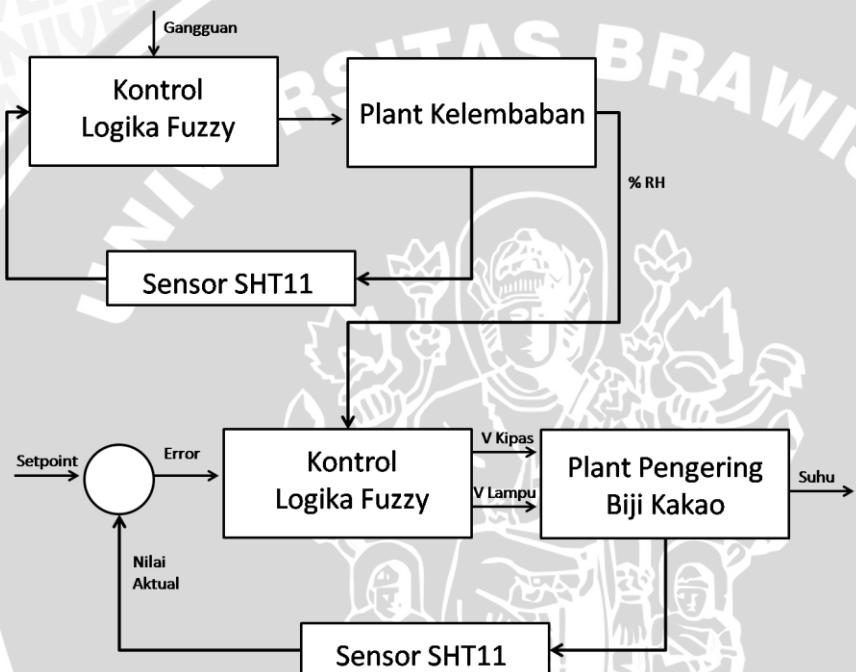
Arduino/Genuino Uno on COM3

Gambar 3.3 Listing Program C++ pada *Software* Arduino 1.6.11

#### 3.2.4.2 Perancangan Kontroler Logika Fuzzy

Pada alat ini kontroler diperlukan agar sistem dapat memenuhi tujuan performansi *loop* yang diinginkan. Kontroler yang dipilih ialah Kontrol Logika Fuzzy. Kontroler ini

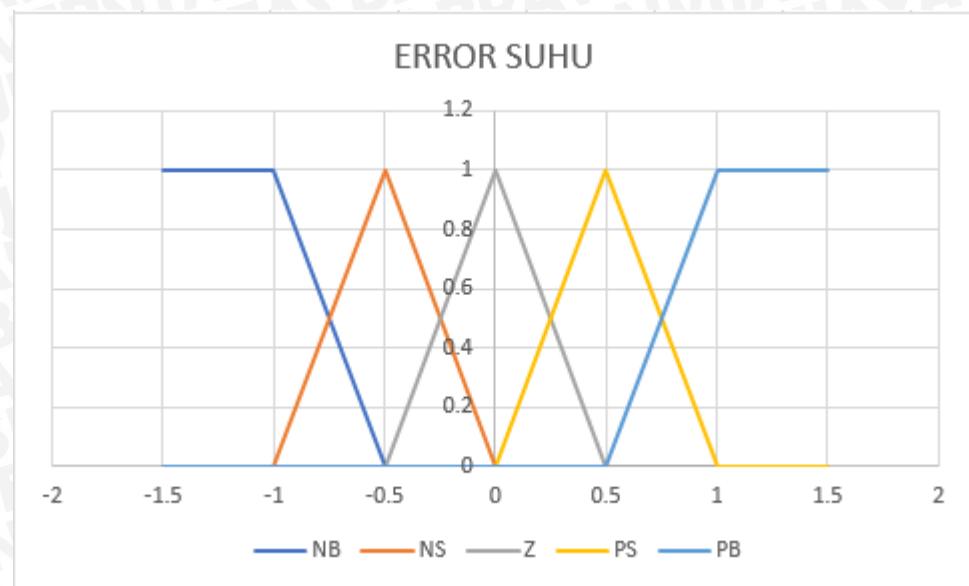
dipilih karena konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti. Selain itu, kontroler ini dapat menghasilkan sistem yang bekerja secara halus dengan *error* yang relatif lebih kecil. Untuk mendapatkan hasil atau keluaran yang diinginkan dari perhitungan fuzzy maka harus dibuat fungsi keanggotaan masukan dari nilai *error* suhu dan kelembaban serta membuat *fuzzy rule* terlebih dahulu untuk menentukan keluaran dari proses fuzzy yang akan menentukan tingkat tinggi dan rendahnya suhu, intensitas cahaya, serta menggerakkan kecepatan motor dc pada kipas. Blok diagram sistem dapat dilihat dalam gambar 3.4



Gambar 3.4 Blok diagram sistem

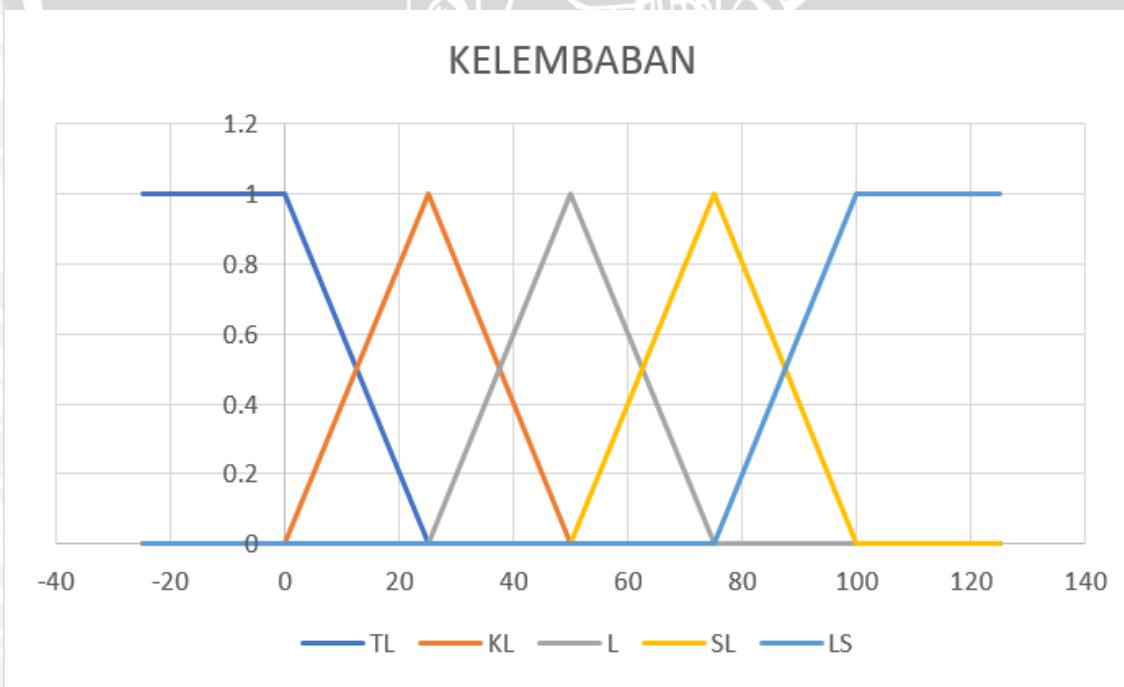
Setiap nilai *error* fuzzy ditentukan hanya memiliki selisih  $0.5^{\circ}\text{C}$  dengan nilai lainnya, dimaksudkan untuk meminimalisasi *error* suhu, sehingga dapat lebih mudah dijaga dalam keadaan konstan. Gambar 3.5 merupakan gambar fungsi keanggotaan nilai masukan *errorsuhu*.





Gambar 3.5 Fungsi Keanggotaan Nilai Masukan *FuzzyError* Suhu

Sinyal *input* kelembaban berupa nilai tegas (*crisp*) 0 sampai 100. Nilai tersebut didapatkan dari nilai pembacaan sensor kelembaban SHT 11 yaitu 0 sampai 100 %. Nilai tegas tersebut diubah menjadi himpunan-himpunan *input fuzzy* Tidak Lembab, Kurang Lembab, Agak Lembab, Lembab, Sangat Lembab, dan Lembab Sekali. Fungsi keanggotaan nilai masukan fuzzy kelembaban dapat dilihat pada gambar 3.6 .



Gambar 3.6 Fungsi Keanggotaan Nilai Masukan Fuzzy Kelembaban

Sinyal *output* heater berupa nilai tegas (*crisp*) 0 sampai 180. Nilai tersebut didapatkan dari nilai sudut motor servo yang dikirim ke mikrokontroler untuk mengontrol intensitas lampu yaitu 0 sampai 180. Nilai tegas tersebut diubah menjadi himpunan-himpunan output *fuzzy Slow Heating, Medium Slow Heating, Medium Heating, Medium Fast Heating, Fast Heating*. Gambar fungsi keanggotaan keluaran fuzzy dimmer dapat dilihat pada gambar 3.8 . Fungsi keanggotaan keluaran fuzzy dimmer didapatkan dari tabel 3.1 sampai dengan tabel 3.5 . Hasil pengujian dimmer dapat dilihat pada gambar 3.7 .

Tabel 3.1 Pengujian dimming 0

No.	Suhu	No.	Suhu	No.	Suhu
1	31.62	21	45.41	41	45.59
2	34.33	22	45.46	42	45.61
3	36.46	23	45.54	43	45.62
4	37.79	24	45.53	44	45.62
5	39.51	25	45.49	45	45.62
6	41.23	26	45.55	46	45.61
7	41.65	27	45.56	47	45.62
8	42.44	28	45.59	48	45.61
9	43.39	29	45.58	49	45.62
10	43.76	30	45.59	50	45.6
11	43.83	31	45.61	51	45.62
12	44.56	32	45.62	52	45.6
13	44.68	33	45.61	53	45.61
14	44.85	34	45.61	54	45.62
15	44.94	35	45.59	55	45.61
16	45.11	36	45.58	56	45.61
17	45.27	37	45.58	57	45.61
18	45.2	38	45.6	58	45.62
19	45.34	39	45.6	59	45.61
20	45.46	40	45.62	60	45.61

Tabel 3.2 Pengujian dimming 140

No.	Suhu	No.	Suhu	No.	Suhu
1	33.29	21	61.83	41	62.95
2	37.29	22	61.85	42	62.97
3	41.07	23	62.2	43	62.98
4	43.8	24	62.21	44	62.99
5	46.6	25	62.27	45	63
6	49.93	26	62.42	46	62.99
7	51.71	27	62.6	47	62.99
8	53.26	28	62.56	48	63.01
9	54.24	29	62.68	49	63.02
10	55.82	30	62.7	50	63.01
11	56.81	31	62.81	51	63.01
12	57.69	32	62.78	52	63
13	58.36	33	62.84	53	63.01
14	59.09	34	62.89	54	63.01
15	59.63	35	62.88	55	63.01
16	60.07	36	62.91	56	63.02
17	60.48	37	62.89	57	63.02
18	61.14	38	62.94	58	63.02
19	61.46	39	62.93	59	63.02
20	61.63	40	62.97	60	63.02

Tabel 3.3 Pengujian dimming 150

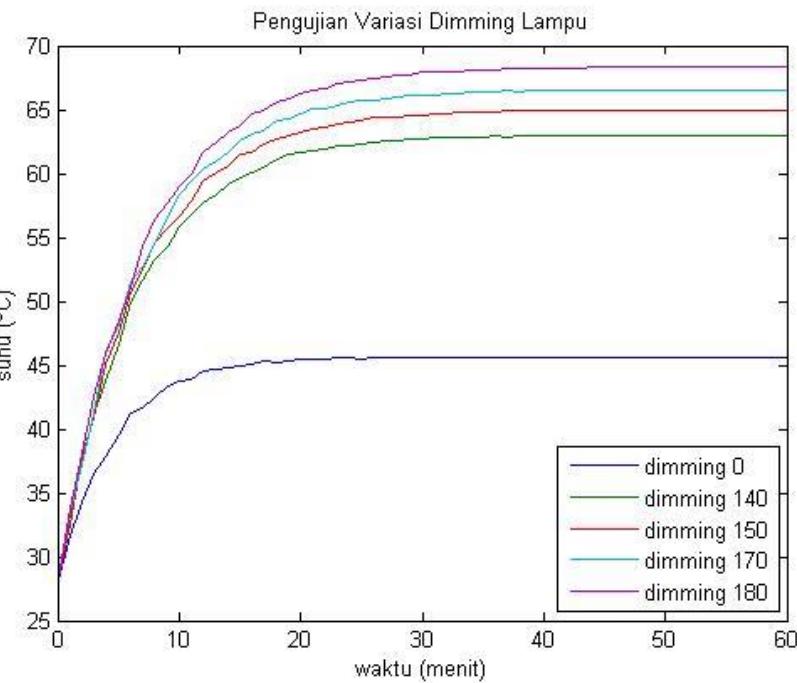
No.	Suhu	No.	Suhu	No.	Suhu
1	32.57	21	63.53	41	64.89
2	37.87	22	63.61	42	64.92
3	40.88	23	63.93	43	64.93
4	45.05	24	63.96	44	64.93
5	47.58	25	64.12	45	64.92
6	50.73	26	64.36	46	64.92
7	52.49	27	64.35	47	64.93
8	54.59	28	64.4	48	64.93
9	55.67	29	64.48	49	64.95
10	56.66	30	64.56	50	64.94
11	57.86	31	64.68	51	64.95
12	59.4	32	64.67	52	64.94
13	60.13	33	64.75	53	64.95
14	60.55	34	64.76	54	64.95
15	61.46	35	64.76	55	64.95
16	61.65	36	64.82	56	64.96
17	62.31	37	64.87	57	64.95
18	62.71	38	64.87	58	64.96
19	62.92	39	64.87	59	64.96
20	63.23	40	64.88	60	64.96

Tabel 3.4 Pengujian dimming 170

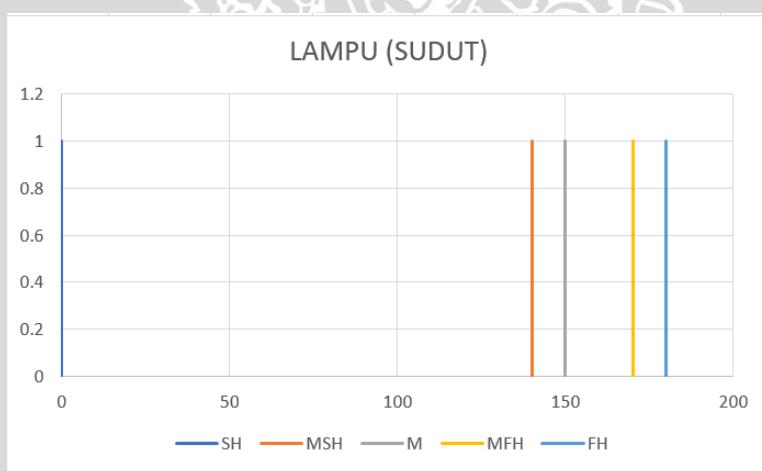
No.	Suhu	No.	Suhu	No.	Suhu
1	33.59	21	65.02	41	66.48
2	37.23	22	65.08	42	66.51
3	41.23	23	65.27	43	66.5
4	45.96	24	65.53	44	66.52
5	48.21	25	65.73	45	66.53
6	51.51	26	65.77	46	66.53
7	52.64	27	65.89	47	66.55
8	54.56	28	65.97	48	66.55
9	56.65	29	66.1	49	66.55
10	58.36	30	66.11	50	66.56
11	59.46	31	66.17	51	66.56
12	60.35	32	66.28	52	66.55
13	61.04	33	66.26	53	66.55
14	61.68	34	66.32	54	66.55
15	62.61	35	66.4	55	66.56
16	63.07	36	66.4	56	66.56
17	63.4	37	66.45	57	66.57
18	64.17	38	66.42	58	66.57
19	64.31	39	66.47	59	66.57
20	64.63	40	66.49	60	66.56

Tabel 3.5 Pengujian dimming 180

No.	Suhu	No.	Suhu	No.	Suhu
1	33.69	21	66.5	41	68.26
2	38.05	22	66.62	42	68.26
3	42.63	23	67	43	68.27
4	45.8	24	67.14	44	68.29
5	48.46	25	67.26	45	68.32
6	51.08	26	67.4	46	68.31
7	54.33	27	67.53	47	68.33
8	56.33	28	67.72	48	68.34
9	57.67	29	67.72	49	68.34
10	59.06	30	67.91	50	68.35
11	59.96	31	67.94	51	68.34
12	61.66	32	68	52	68.33
13	62.41	33	68.01	53	68.34
14	63.23	34	68.12	54	68.34
15	63.74	35	68.12	55	68.34
16	64.63	36	68.12	56	68.36
17	64.92	37	68.2	57	68.36
18	65.61	38	68.21	58	68.34
19	65.81	39	68.2	59	68.35
20	66.26	40	68.25	60	68.35



Gambar 3.7 Pengujian Variasi Dimming Lampu



Gambar 3.8 Fungsi Keanggotaan Keluaran Fuzzy Dimmer

Nilai PWM ditentukan mempunyai 5 keadaan (termasuk diam) bertujuan untuk memperhalus jalannya sistem, jadi ketika nilai suhu mencapai atau melewati nilai *set point*, suhu tidak langsung diturunkan secara drastis menggunakan kipas dengan kecepatan penuh, melainkan dengan kecepatan yang telah ditentukan dari diam, pelan, sedang, sedikit cepat, dan cepat. Gambar fungsi keanggotaan keluaran fuzzy kipas dapat dilihat pada gambar 3.10 . Fungsi keanggotaan keluaran fuzzy kipas didapatkan dari tabel 3.6 sampai dengan tabel 3.10 . Hasil pengujian kipas dapat dilihat pada gambar 3.9

Tabel 3.6 Pengujian kipas 0

No.	Suhu	No.	Suhu	No.	Suhu
1	31.62	21	45.41	41	45.59
2	34.33	22	45.46	42	45.61
3	36.46	23	45.54	43	45.62
4	37.79	24	45.53	44	45.62
5	39.51	25	45.49	45	45.62
6	41.23	26	45.55	46	45.61
7	41.65	27	45.56	47	45.62
8	42.44	28	45.59	48	45.61
9	43.39	29	45.58	49	45.62
10	43.76	30	45.59	50	45.6
11	43.83	31	45.61	51	45.62
12	44.56	32	45.62	52	45.6
13	44.68	33	45.61	53	45.61
14	44.85	34	45.61	54	45.62
15	44.94	35	45.59	55	45.61
16	45.11	36	45.58	56	45.61
17	45.27	37	45.58	57	45.61
18	45.2	38	45.6	58	45.62
19	45.34	39	45.6	59	45.61
20	45.46	40	45.62	60	45.61

Tabel 3.7 Pengujian kipas 8

No.	Suhu	No.	Suhu	No.	Suhu
1	31.7	21	43.45	41	43.63
2	33.34	22	43.58	42	43.62
3	35.06	23	43.54	43	43.62
4	36.72	24	43.61	44	43.63
5	38.51	25	43.51	45	43.63
6	39.76	26	43.55	46	43.63
7	40.24	27	43.57	47	43.64
8	41.01	28	43.61	48	43.63
9	41.16	29	43.64	49	43.63
10	41.64	30	43.62	50	43.62
11	42.46	31	43.63	51	43.64
12	42.67	32	43.63	52	43.63
13	42.88	33	43.65	53	43.64
14	42.79	34	43.6	54	43.63
15	43.12	35	43.65	55	43.62
16	43.07	36	43.63	56	43.64
17	43.24	37	43.64	57	43.64
18	43.3	38	43.61	58	43.63
19	43.44	39	43.64	59	43.63
20	43.51	40	43.63	60	43.63

Tabel 3.8 Pengujian kipas 32

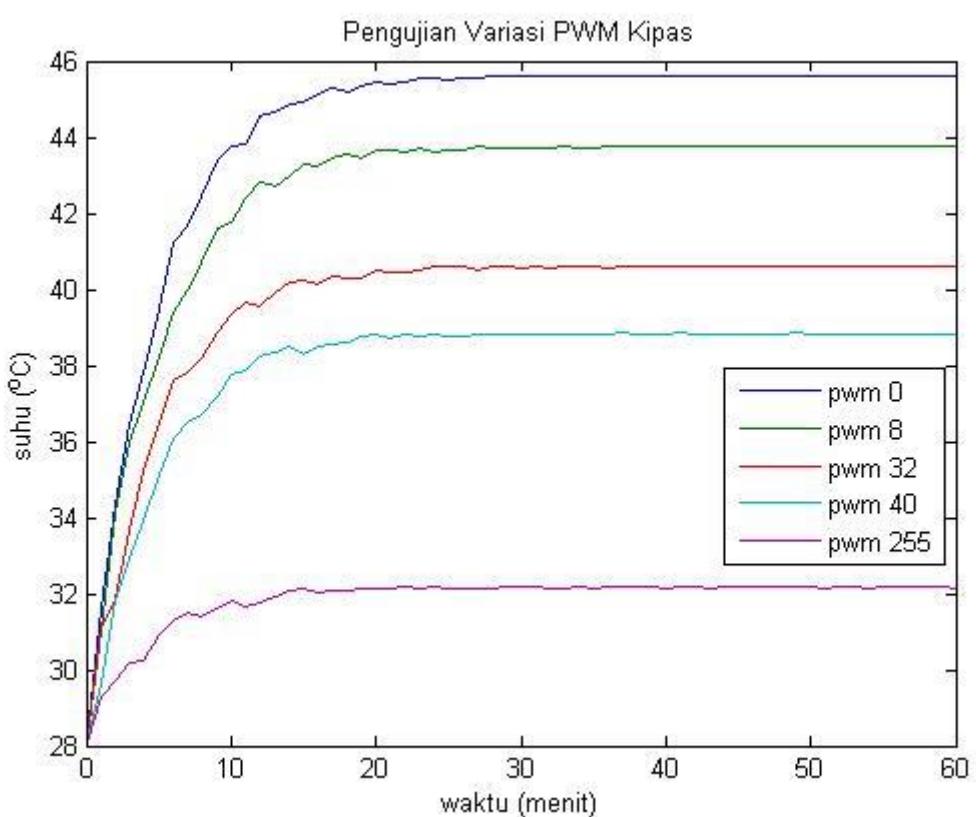
No.	Suhu	No.	Suhu	No.	Suhu
1	30.19	21	40.76	41	40.92
2	32.59	22	40.83	42	40.92
3	34.17	23	40.82	43	40.91
4	35.81	24	40.88	44	40.92
5	36.35	25	40.87	45	40.91
6	37.43	26	40.84	46	40.91
7	38.1	27	40.84	47	40.91
8	38.92	28	40.89	48	40.91
9	38.93	29	40.87	49	40.91
10	39.26	30	40.87	50	40.92
11	39.66	31	40.92	51	40.91
12	39.97	32	40.92	52	40.91
13	40.13	33	40.89	53	40.92
14	40.48	34	40.9	54	40.91
15	40.53	35	40.93	55	40.91
16	40.44	36	40.92	56	40.92
17	40.64	37	40.92	57	40.91
18	40.66	38	40.93	58	40.91
19	40.7	39	40.91	59	40.92
20	40.74	40	40.92	60	40.92

Tabel 3.9 Pengujian kipas 40

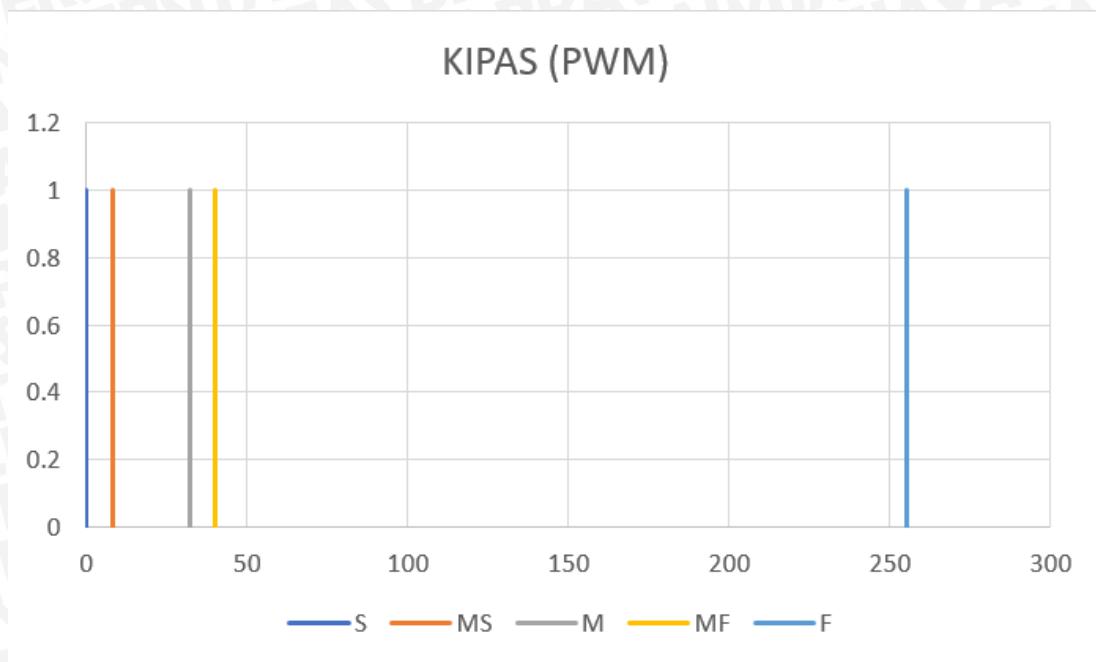
No.	Suhu	No.	Suhu	No.	Suhu
1	29.62	21	38.81	41	38.85
2	31.39	22	38.73	42	38.84
3	33.28	23	38.86	43	38.85
4	34.65	24	38.79	44	38.86
5	35.63	25	38.85	45	38.86
6	35.84	26	38.79	46	38.86
7	36.55	27	38.81	47	38.87
8	37.06	28	38.84	48	38.87
9	37.19	29	38.81	49	38.87
10	37.72	30	38.82	50	38.86
11	37.71	31	38.85	51	38.86
12	38.25	32	38.88	52	38.87
13	38.22	33	38.84	53	38.86
14	38.25	34	38.84	54	38.86
15	38.54	35	38.83	55	38.86
16	38.51	36	38.86	56	38.86
17	38.58	37	38.84	57	38.86
18	38.63	38	38.85	58	38.86
19	38.72	39	38.87	59	38.87
20	38.7	40	38.85	60	38.86

Tabel 3.10 Pengujian kipas 255

No.	Suhu	No.	Suhu	No.	Suhu
1	29.3	21	32.15	41	32.16
2	29.71	22	32.16	42	32.16
3	30.18	23	32.12	43	32.15
4	30.23	24	32.16	44	32.17
5	30.93	25	32.12	45	32.17
6	31.27	26	32.15	46	32.16
7	31.48	27	32.12	47	32.17
8	31.41	28	32.14	48	32.16
9	31.6	29	32.17	49	32.16
10	31.8	30	32.17	50	32.17
11	31.68	31	32.16	51	32.15
12	31.74	32	32.15	52	32.16
13	31.94	33	32.15	53	32.16
14	32.09	34	32.17	54	32.15
15	32.11	35	32.15	55	32.16
16	32.05	36	32.16	56	32.16
17	32.06	37	32.16	57	32.16
18	32.06	38	32.17	58	32.16
19	32.12	39	32.17	59	32.16
20	32.14	40	32.15	60	32.15



Gambar 3.9 Pengujian Variasi PWM Kipas



Gambar 3.10 Fungsi Keanggotaan Keluaran Fuzzy Blower

Adapun *rule fuzzy* yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.11

Tabel 3.11 Fuzzy Rule

		SUHU				
		NB	NS	Z	PS	PB
KELEMBABAN	TL	F	MF	M	MS	S
	KL	F	MF	M	MS	S
	L	F	MF	M	MS	S
	SL	M	M	M	MS	S
	LS	SH	MSH	MH	MFH	FH
	LS	S	S	S	S	S

Dimana:

NB = *Negatif Big*

NS = *Negatif Small*

Z = *Zero*

PS = *Positif Small*

PB = *Positif Big*

SH = *Slow Heating*

MSH = *Medium Slow Heating*

MH = *Medium Heating*

MFH = *Medium Fast Heating*

FH = *Fast Heating*

F = *Fast*

MF = *Medium Fast*

M = *Medium*

MS = *Medium Slow*

S = *Stop*

### 3.3.4.3 Program Utama

Perancangan program atau perangkat lunak pada mikrokontroler arduino uno diawali dengan merancang *flowchart* atau biasa disebut diagram alir terlebih dahulu. *flowchart* digunakan untuk menunjukkan alur kerja untuk masing-masing perangkat keras yang akan dikendalikan oleh mikrokontroler maupun proses perhitungan yang terjadi di dalam mikrokontroler. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam program utama menggunakan bahasa C++ dan *compiler* yang digunakan adalah IDE ARDUINO. Diagram alir perancangan perangkat lunak ditunjukkan dalam Gambar di bawah ini.



Gambar 3.11 Flowchart Seluruh Sistem

Berdasarkan diagram alir dalam Gambar 3.11 dapat di lihat bahwa proses pertama yang dilakukan adalah inisialisasi, kemudian sensor membaca suhu di dalam ruang pengeringan biji kakao akan dikirim ke mikrokontroler untuk diproses dengan kontrol logika fuzzy untuk menentukan putaran motor (dimmer) dan putaran motor (blower) yang sesuai dengan kebutuhan untuk mencapai *setpoint* di dalam ruang pengeringan. Mode, perubahan suhu dan kelembaban, serta kecepatan putaran motor akan ditampilkan di dalam LCD.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah seluruh sistem bekerja sesuai dengan perancangan. Hal ini meliputi pengujian pada masing-masing blok rangkaian dalam perancangan *hardware* dan pengujian keseluruhan sistem untuk mengetahui *software* dapat bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian sensor SHT11
2. Pengujian *Driver Motor DC*
3. Pengujian keseluruhan sistem

#### 4.1 Pengujian Sensor Suhu SHT11

##### 4.1.1 Tujuan pengujian

Tujuan pengujian sensor SHT11 bertujuan untuk membandingkan pembacaan suhu pada sensor dengan suhu yang terbaca pada termometer digital.

##### 4.1.2 Peralatan yang dibutuhkan

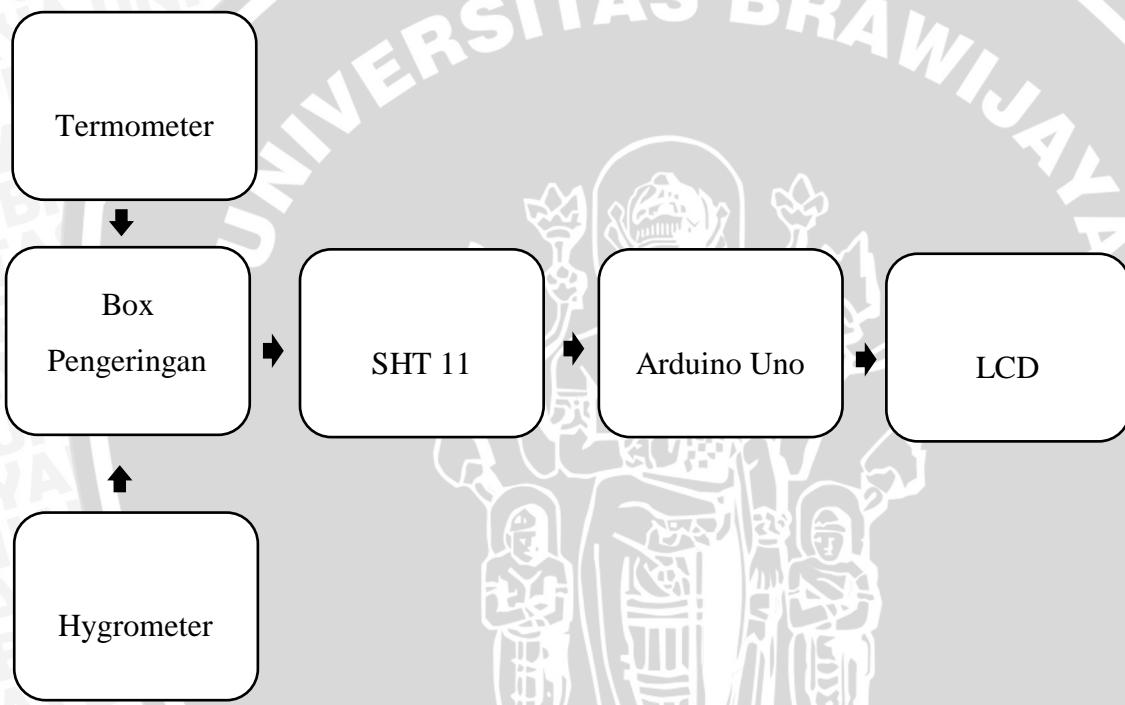
Alat yang digunakan dalam pengujian sensor SHT11 sebagai berikut:

1. Sensor SHT11
2. Termometer digital
3. Hygrometer digital
4. Box pengering biji kakao
5. Mikrokontroler Arduino Uno beserta rangkaian lainnya

##### 4.1.3 Langkah pengujian

1. Menyusun rangkaian sesuai Gambar 5.1.
2. Mengaktifkan rangkaian pada box pengering biji kakao
3. Meletakan SHT11, termometer, dan hygrometer di dalam box
4. Mengamati dan mencatat setiap perubahan suhu pada termometer dan sensor SHT11 yang terlihat pada LCD.

5. Mengamati dan mencatat setiap perubahan kelembaban pada hygrometer dan sensor SHT11 yang terlihat pada LCD.
6. Menyusun rangkaian sesuai Gambar 5.1.
7. Mengaktifkan rangkaian pada box pengering biji kakao
8. meletakan SHT11, termometer, dan hygrometer di dalam box
9. Mengamati dan mencatat setiap perubahan suhu pada termometer dan sensor SHT11 yang terlihat pada LCD.
10. Mengamati dan mencatat setiap perubahan kelembaban pada hygrometer dan sensor SHT11 yang terlihat pada LCD.



Gambar 4.1 Rangkaian Pengujian Sensor SHT11

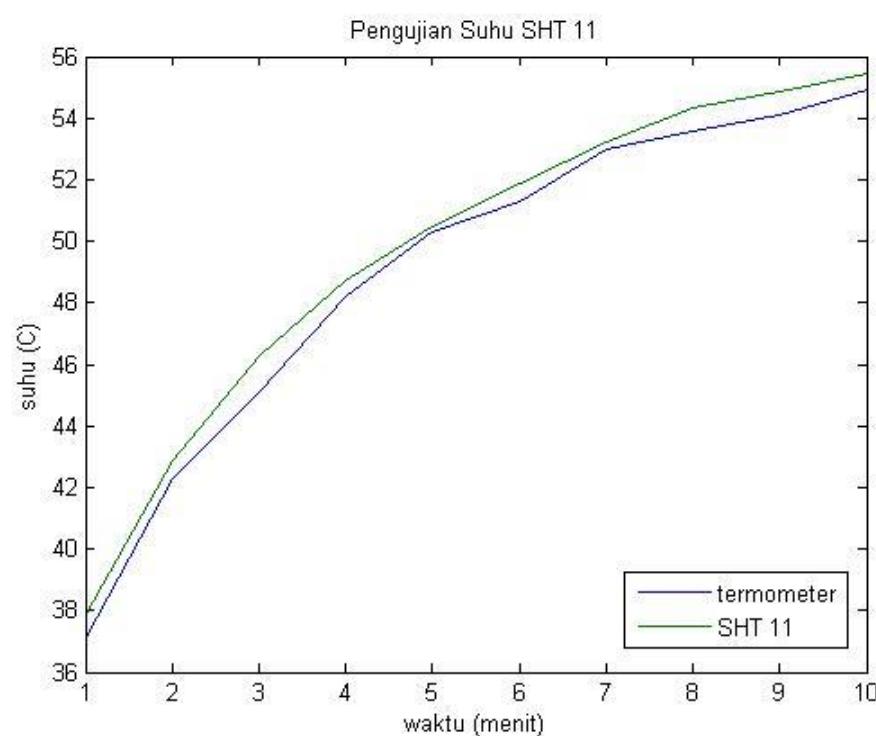
#### 4.1.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian sensor SHT11 suah dapat dilihat dalam tabel 4.1gambar 4.2. Hasil pengujian sensor SHT11 kelembabandapat dilihat dalam tabel 4.2gambar 4.3



Tabel 4.1 Hasil Pengujian Suhu Sensor SHT11

Pengujian Suhu			
No .	Suhu pembacaan termometer digital (C )	Suhu pembacaan sensor SHT11 (C )	Error (%)
1	37.6	37.81	0.555409
2	42.7	42.83	0.303526
3	46.1	46.27	0.367409
4	48.1	48.72	1.272578
5	49.7	50.47	1.525659
6	51.2	51.9	1.348748
7	52.7	53.21	0.958466
8	53.7	54.31	1.123182
9	54.3	54.88	1.056851
10	55.1	55.44	0.613276



Gambar 4.2 Grafik Pengujian Sensor Suhu SHT11

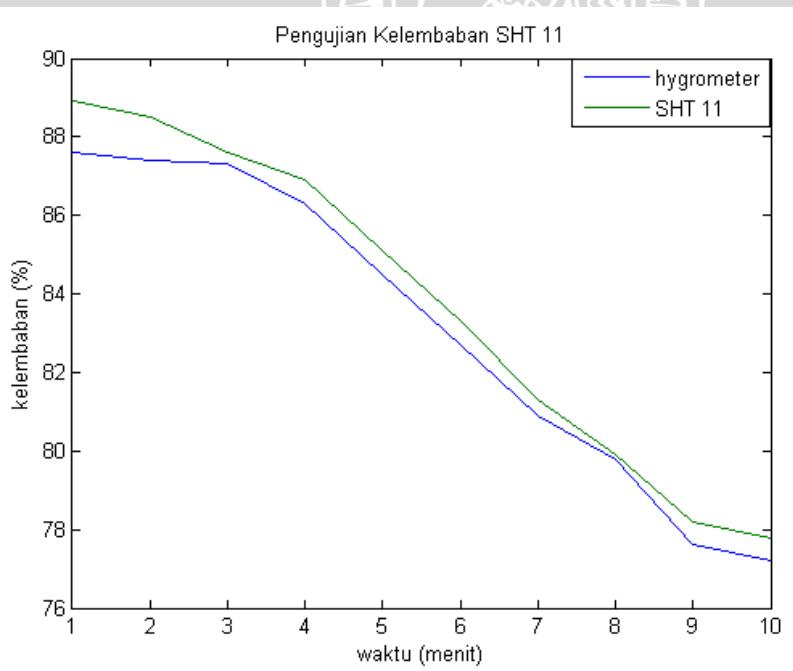
Perhitungan kesalahan pembacaan sensor:

$$\text{Error} = \frac{\text{Hasil Pengukuran} - \text{Referensi}}{\text{Referensi}} \times 100\%$$

$$\text{Error rata-rata} = \frac{\text{Error total}}{n} = \frac{9.1251}{10} = 0.9125\%$$

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kelembaban Sensor SHT11

Pengujian Kelembaban			
No.	Kelembaban hygrometer digital (%)	Kelembaban sensor SHT (%)	Error (%)
1	87.6	88.9	1.462317
2	87.4	88.5	1.242938
3	87.3	87.6	0.342466
4	86.3	86.9	0.690449
5	84.5	85.1	0.705053
6	82.7	83.3	0.720288
7	80.9	81.3	0.492005
8	79.8	79.9	0.125156
9	77.6	78.2	0.767263
10	77.2	77.8	0.771208



Gambar 4.3 Grafik Pengujian Sensor Kelembaban SHT11

Perhitungan kesalahan pembacaan sensor:

$$\text{Error} = \frac{\text{Hasil Pengukuran} - \text{Referensi}}{\text{Referensi}} \times 100\%$$

$$\text{Error rata-rata} = \frac{\text{Error total}}{n} = \frac{7.3191}{10} = 0.7319\%$$

Dari perhitungan data dalam Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa dari sepuluh kali pengambilan data antara pembacaan sensor SHT11 dengan termometer dan hygrometer didapatkan persentase kesalahan rata-rata pembacaan suhu sensor SHT11 adalah 0.9125%, serta 0.7319% untuk kelembaban relatif.

## 4.2 Pengujian Driver Motor DC L298N

### 4.2.1 Tujuan Pengujian

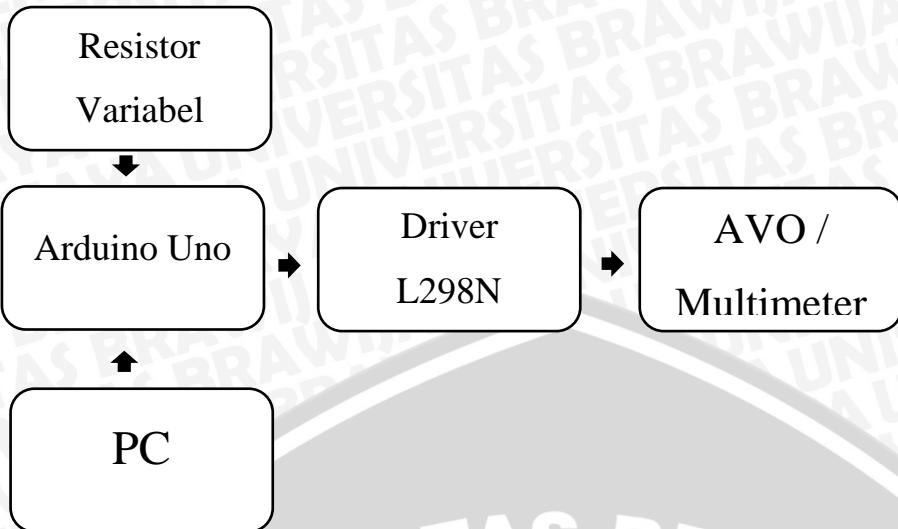
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah PWM yang dihasilkan sesuai dengan tegangan keluarannya sehingga motor DC dapat bekerja sesuai dengan perancangan sistem yang dibuat.

### 4.2.2 Peralatan Yang Dibutuhkan

1. Driver motor DC L298N
2. Resistor variabel
3. AVOMeter
4. Arduino uno
5. PC

### 4.2.3 Langkah Pengujian

1. Menyusun rangkaian sesuai Gambar 4.4
2. Mengatur resistor variable agar PWM dapat berubah sesuai yang diinginkan.
3. Mengamati dan mencatat setiap perubahan nilai tegangan keluaran pada AVOMeter.

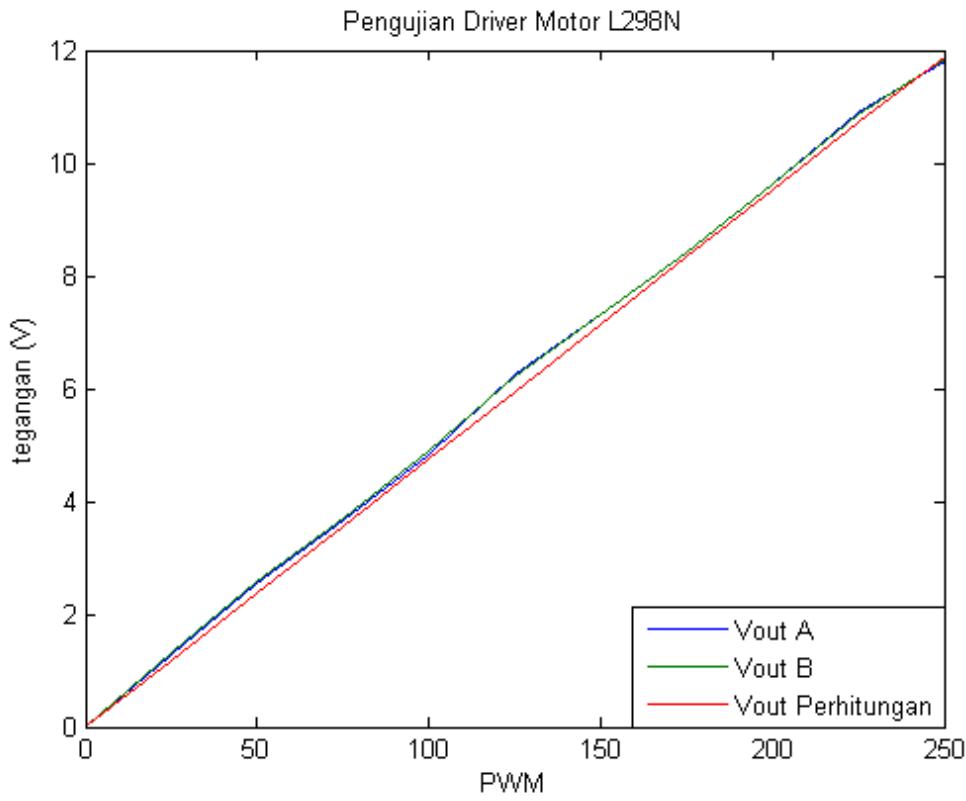
Gambar 4.4 Rangkaian Pengujian *Driver Motor* L298N

#### 4.2.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian *driver* motor dc L298N ditunjukkan dalam Tabel 4.3 serta ditunjukkan dalam Gambar 4.5

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Driver Motor DC L298N

Pengujian Driver Motor L298N				
inPWMA	inPWMB	Vout A	Vout B	Vout perhitungan
		(Volt)	(Volt)	(Volt)
0	0	0	0	0
25	25	1,28	1,32	1,189
50	50	2,53	2,57	2,378
75	75	3,66	3,70	3,567
100	100	4,83	4,88	4,757
125	125	6,27	6,23	5,946
150	150	7,32	7,33	7,135
175	175	8,42	8,39	8,324
200	200	9,64	9,62	9,513
225	225	10,88	10,85	10,702
250	250	11,81	11,84	11,892



Gambar 4.5 Grafik pengujian *driver* Motor DC L298N

Seperti yang tercatat pada hasil pengujian pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.5 dapat dilihat bawah semakin tinggi nilai PMW maka semakin tinggi pula tegangan keluaran. Untuk perhitungan tegangan keluaran di ambil satu sampel yaitu nilai PWM 200.

$$V_{out} = \frac{\text{nilai PWM}}{255} \times \text{tegangan keluaran sumber}$$

$$V_{out} = \frac{200}{255} \times 12.13 = 9.513 \text{ volt}$$

### 4.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem perlu dilakukan untuk mengetahui apakah parameter yang ditentukan dapat diaplikasikan pada alat dan sesuai atau tidaknya dengan *setpoint* yang diinginkan. Pada pengujian ini semua blok rangkaian dihubungkan, dan memasukkan program yang telah dibuat ke dalam perangkat keras tersebut. Langkah selanjutnya adalah memasukan nilai *setpoint* yang diinginkan, serta mengamati dan menganalisa hasil kinerja alat

Pengujian dibagi menjadi 2 tahap, yang pertama adalah uji keseluruhan sistem pada ruang pengeringan biji kakao tanpa gangguan dan yang kedua adalah uji keseluruhan sistem pada ruang pengeringan biji kakao dengan adanya gangguan.

Prosedur pengujian yang dilakukan untuk keseluruhan sistem adalah sebagai berikut :

1. Membuat *listing* program menggunakan bahasa C++ pada *software* Arduino 1.6.11 yang ditunjukkan dalam gambar 4.7 kemudian *compile* untuk memastikan ada atau tidaknya *error* pada program, kemudian *upload* ke dalam memori mikrokontroler Arduino uno.

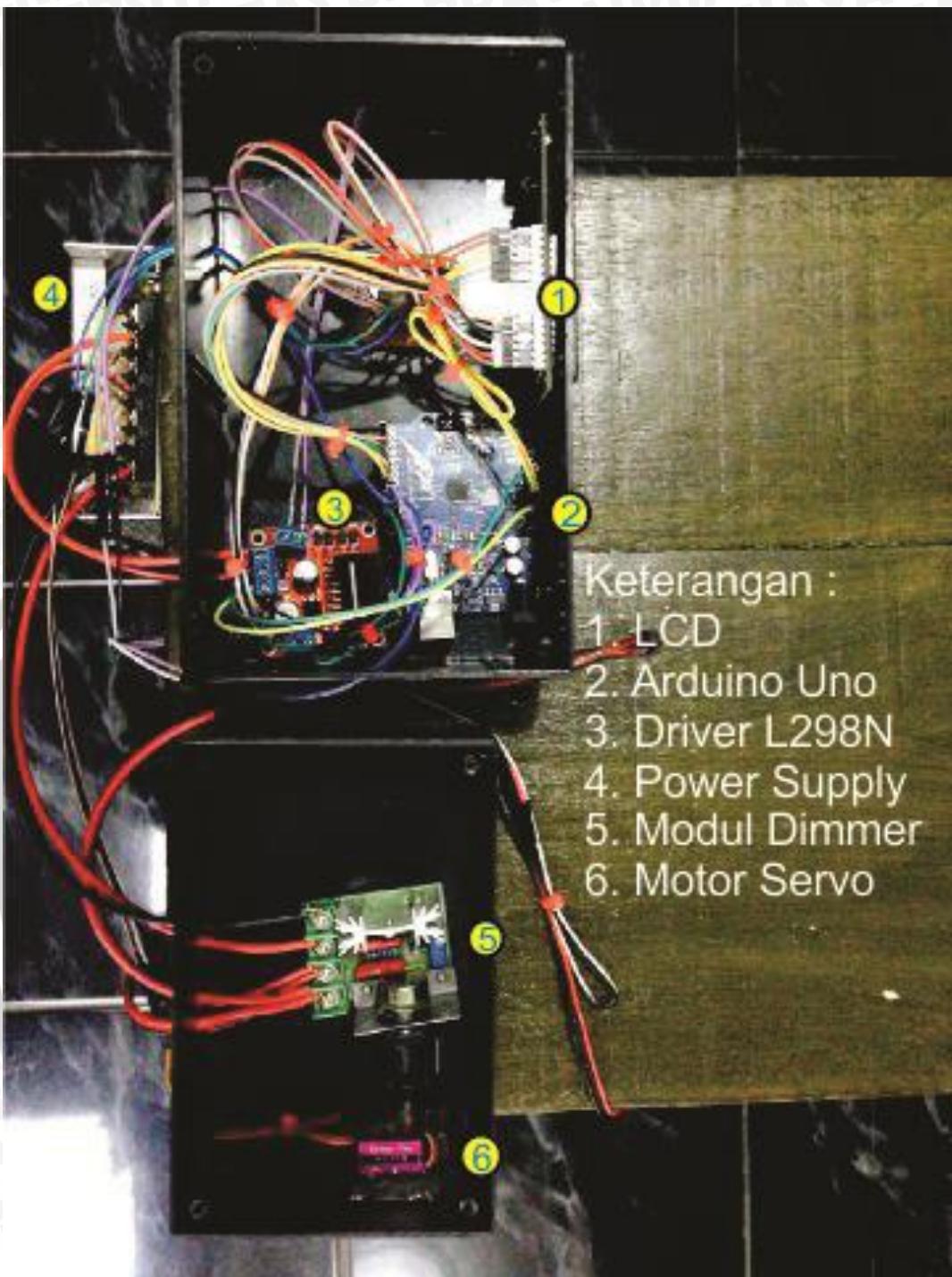
```
#include <Wire.h>
#include "Arduino.h"
#include <LiquidCrystal.h>
#include <SHT1x.h>
#include <Servo.h>

#define NB 0
#define NS 1
#define Z 2
#define PS 3
#define PB 4

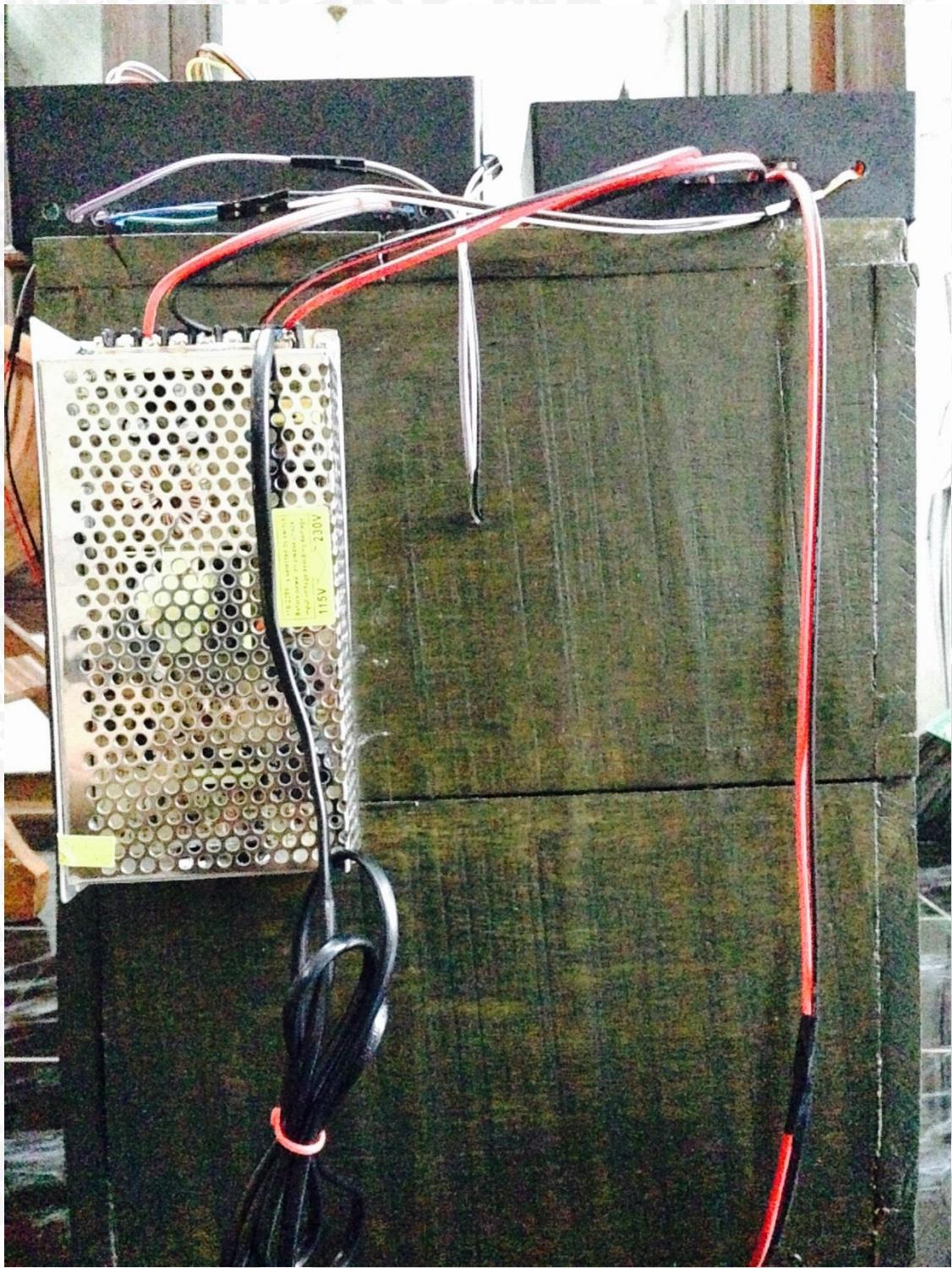
#define TL 0
#define KL 1
#define L 2
#define SL 3
```

Gambar 4.6 Listing Program Pengontrol Suhu pada Pengeringan Biji Kakao

2. Menyusun rangkaian kontroler seperti dalam Gambar 4.8 dsampai Gambar 4.10



Gambar 4.7 Rangkaian Keseluruhan Elektrik Sistem



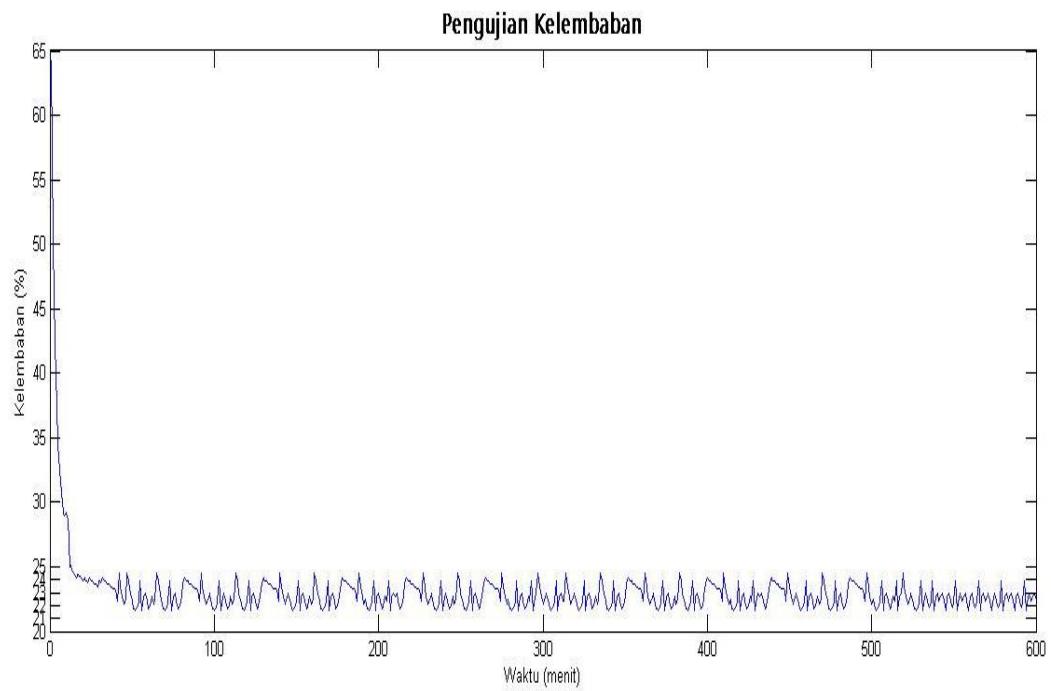
Gambar 4.8 Rangkaian Keseluruhan Sistem (Tampak Belakang)



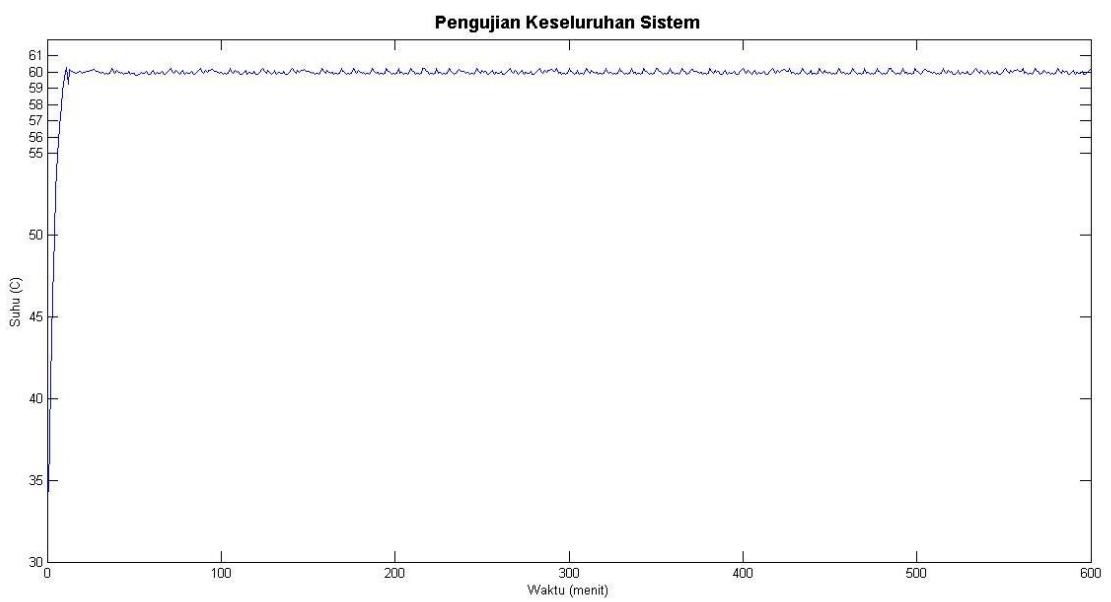
Gambar 4.9 Alat Pengering Biji Kakao

3. Menghubungkan sumber AC 220V dengan output 12V ke *driver* motor L298N. Kemudian menghubungkan keluaran 5V DC dari *driver* motor untuk memberi catu daya mikrokontrolerarduino uno dan komponen lain yang membutuhkan sumber 5V DC. Dan menghubungkan output 220 V ke modul dimmer. Selanjutnya menghubungkan arduino uno ke port USB pada PC untuk memasukan program.
4. Sensor SHT11 yang akan memberikan *input* pada mikrokontroler dihubungkan melalui *portinput*pada pin 8 dan 9.

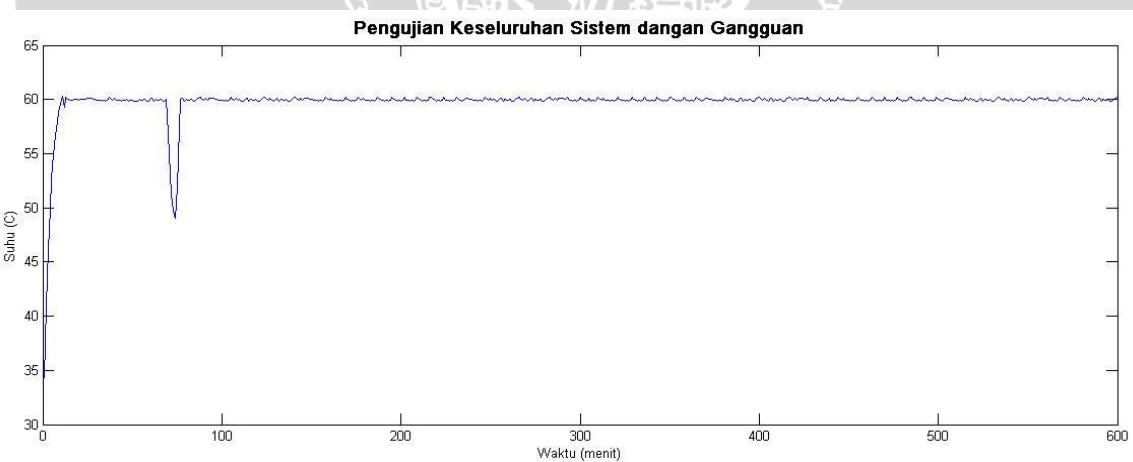
5. Menghubungkan pin *input driver* motor dc ke mikrokontroler. Pin ENA, LN1, dan LN2 *driver* motor dc yang berfungsi menggerakan kipas 1, serta pin ENB, LN3, dan LN4 yang berfungsi menggerakan kipas 2 dihubungkan dengan pin 11, vcc dan ground pada arduino uno.
6. Menghubungkan pin *input motor servo* ke mikrokontroler arduino uno pada pin 10.
7. Pastikan semua rangkaian terpasang dengan benar, setelah itu program dijalankan apabila sudah tidak ada *error* saat *dicompile* dan *diupload*.
8. *Monitoring* suhu dan kelembabandi dalamruang pengering dapat dilihat dengan LCD yang sudah dirangkai dengan arduino serta telah terhubung dengan catu daya dan *ground*
9. Gambar 4.11 menunjukkan grafik pengujian kelembaban selama 10 jam.
10. Gambar 4.12 menunjukkan grafik pengujian suhu menggunakan kontroler (*set point* 60°C) selama 10 jam.
11. Gambar 4.13 menunjukkan grafik pengujian suhu menggunakan kontroler (*set point* 60°C) selama 10 jam dengan gangguan selama 1 menit.
12. Gambar 4.14 menunjukkan grafik pengujian suhu menggunakan kontroler dengan diubah-ubah setpoint



Gambar 4.10 Grafik Pengujian Kelembaban

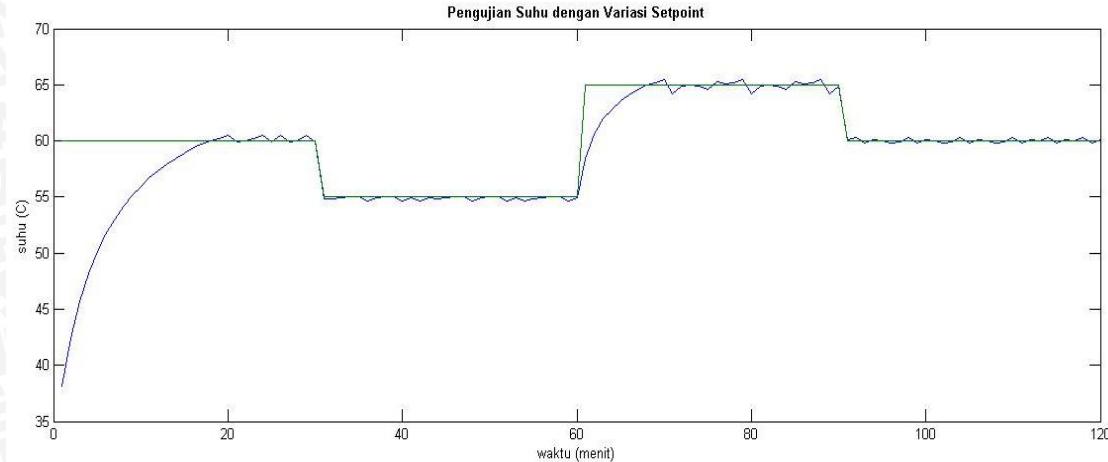


Gambar 4.11 Grafik Pengujian Suhu (*Set Point* 60°C)



Gambar 4.12 Grafik Pengujian Suhu (*Set Point* 60°C) dengan Gangguan





Gambar 4.13 Grafik Pengujian Suhu dengan Variasi Setpoint

Dari hasil pengujian diketahui respon keluaran memiliki *error steady state* sebagai berikut:

$$E_{ss} = \frac{|T_{akhir} - T_{setpoint}|}{T_{setpoint}} \times 100 \%$$

$$E_{ss} = \frac{|60.21 - 60|}{60} \times 100 \%$$

$$E_{ss} = \frac{0.21}{60} \times 100 \%$$

$$E_{ss} = 0.35 \%$$

Dari hasil pengujian diketahui respon keluaran memiliki *max overshoot* sebagai berikut:

$$M_p = \frac{|T_{max} - T_{setpoint}|}{T_{setpoint}} \times 100 \%$$

$$M_p = \frac{|60.29 - 60|}{60} \times 100 \%$$

$$M_p = \frac{0.29}{60} \times 100 \%$$

$$M_p = 0.483 \%$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa hasil pengujian memiliki *error steady state* ( $E_{ss}$ ) sebesar 0.35 % dan *max overshoot* ( $M_p$ ) 0.483%. *Error steady state* tersebut masih di bawah 8.333% yang artinya masih masuk ke dalam toleransi nilai *error steady state* ( $E_{ss}$ ) dan *Max overshoot* tersebut masih di bawah 8.333% yang artinya masih masuk ke dalam toleransi nilai *error steady state* ( $E_{ss}$ ) dan *max overshoot* ( $M_p$ ).



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari perancangan, pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan pada alat pengering biji kakao maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat pengering biji kakao memiliki ukuran panjang 40cm, lebar 30cm, tinggi 30cm dan tertutup oleh bahan yang terbuat dari kayu yang mengisolasi panas dilengkapi dengan mikrokonroler Arduino uno dan sensor SHT 11. Aktuator menggunakan lampu pijar, dan kipas DC
2. Kontroler Logika Fuzzy (KLF) yang dirancang memiliki 2 masukan, yaitu *errorsuhu* dan kelembaban yang masing-masing memiliki 5 nilai masukan keaggotaan dengan hasil respon sebagai berikut:
  - Terjadi perubahan suhudi dalam alat pengering biji kakao saat di kontrol.
  - Hasil respon memiliki nilai *error steady state* ( $E_{ss}$ ) 0.35% dengan batas( $E_{ss}$ ) 8.33%
  - Hasil respon memiliki nilai *max overshoot*( $M_p$ ) 0.483 dengan batas( $M_p$ ) 8.33%
  - Hasil respon memiliki settling time (ts) 30 menit

#### 5.2 Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih memungkinkan untuk dikembangkan dan di sempurnakan.

1. Untuk hasil yang lebih optimal alat pengering biji kakao perlu ditambahkan alat pembalik biji otomatis agar panas yang diterima biji kakao lebih optimal dan perlu ditambahkan sensor kadar air agar dapat memonitoring penurunan kadar air biji kakao.
2. Disarankan menggunakan bahan besi untuk *box* pengering biji kakao. Karena jika menggunakan *box* kayu secara terus menerus dalam jangka waktu lama, maka bahan kayu akan memuui.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



## DAFTAR PUSTAKA

Spillane, J.J. 1995. *Komoditi Kakao Peranannya Dalam Perekonomian Indonesia.* Kanisius, Yogyakarta. Fahriannur, Ahmad. 2011.

Hayati, Rita.2012. *Kajian Fermentasi dan Suhu Pengeringan pada Mutu Kakao.*

Ogata, Katsuhiko. 1996.*Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan).*

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

Thaib, G.S. Gumbira, dan W.Sutedja. 1987. *Operasi Pengeringan pada Pengolahan Hasil Pertanian.* PT. Melton Putra. Jakarta.

Wirakartakusuma, A. 2005. *Pengaruh Lama Pengukusan dan Suhu Pengeringan pada Pembuatan Tepung Cokelat.* Fakultas Pertanian. THP Unsyiah, Banda Aceh.





UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



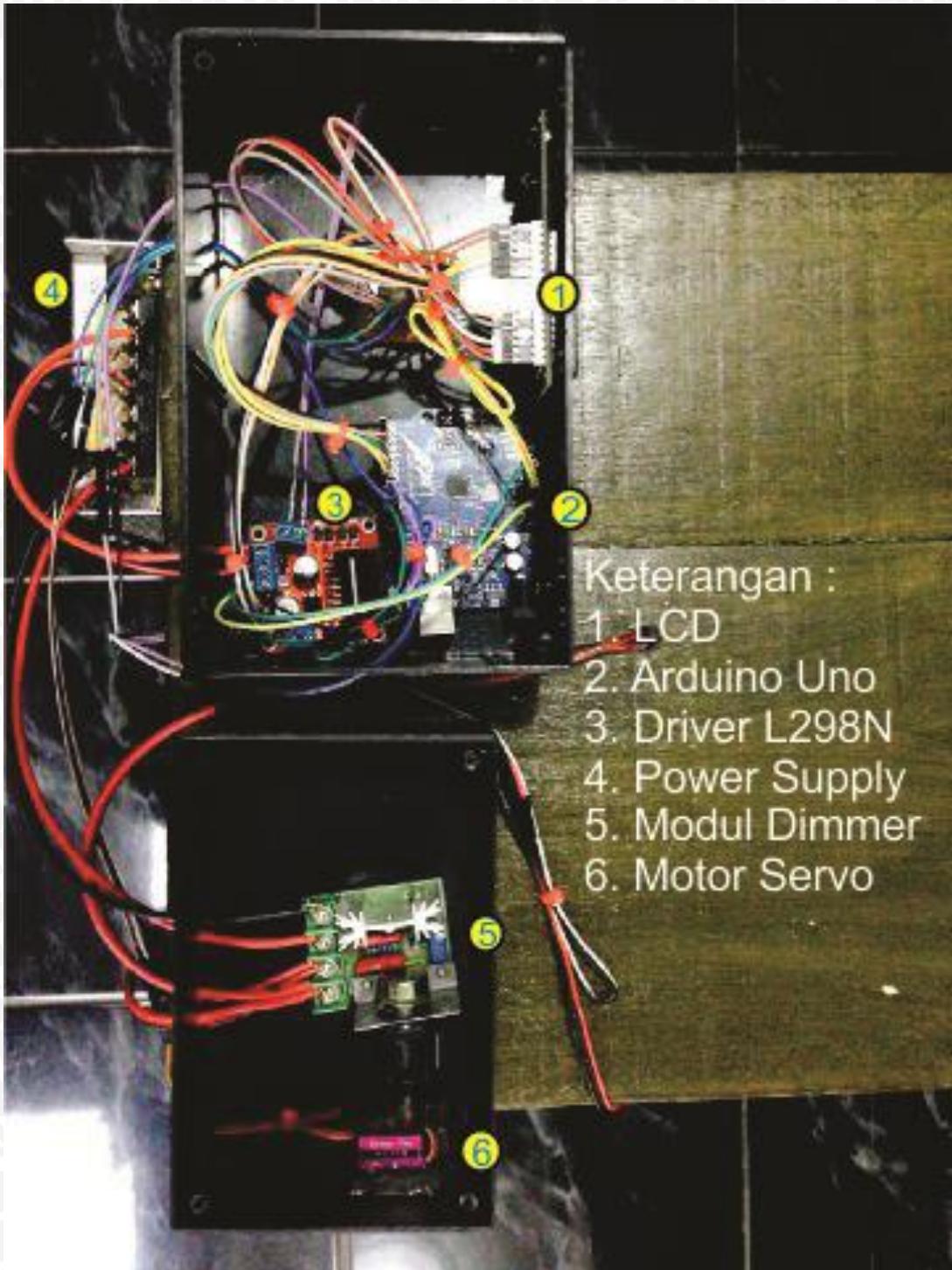
# LAMPIRAN

---

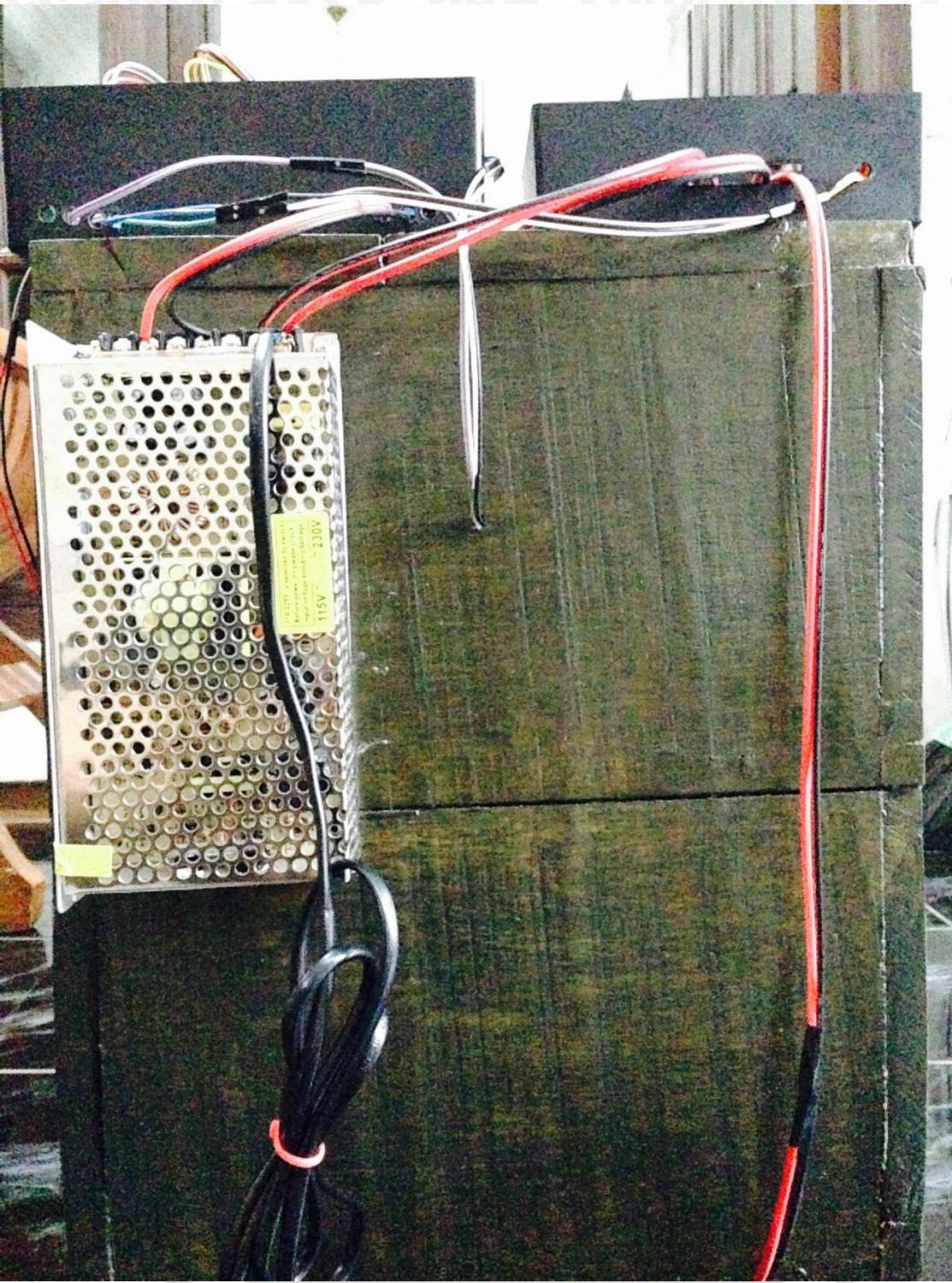


UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**Lampiran 1. Dokumentasi alat pengering biji kakao**

Gambar 1. Rangkaian elektrik



Gambar 2. Rangkaian elektrik tampak belakang



Gambar 3. Alat pengering biji kakao

## Lampiran 2. Listing Program

```
#include <Wire.h>
#include "Arduino.h"
#include <LiquidCrystal.h>
#include <SHT1x.h>
#include <Servo.h>

#define E_NB 0
#define E_NS 1
#define E_Z 2
#define E_PS 3
#define E_PB 4
#define H_TL 0
#define H_KL 1
#define H_L 2
#define H_SL 3
#define H_LS 4
#define K_S 0
#define K_MS 1
#define K_M 2
#define K_MF 3
#define K_F 4
#define L_SH 0
#define L_MSH 1
#define L_MH 2
#define L_MFH 3
#define L_FH 4
#define ENA 11
#define LAMPU 10

LiquidCrystal lcd(2,3,4,5,6,7);
Servo myservo;
SHT1x feli(8,9);

float triangle(int value,float x0,float x1,float x2);
float reverse_grade(int value,float x0,float x1);
float grade(int value,float x0,float x1);

int pwm;
int angle;
int count=0;
int lastCount=0;
int setpoint=60;
float data_Error;
float temp_c;
float humi;
float Error[5];
float humidity[5];
float cek[5];

unsignedchar rule_kipas[5][5]=
{
{K_F,K_MF,K_M,K_MS,K_S},
{K_F,K_MF,K_M,K_MS,K_S},
{K_F,K_MF,K_M,K_MS,K_S},
{K_M,K_M,K_M,K_MS,K_S},
{K_S,K_S,K_S,K_S,K_S},
};

};
```



```

unsignedchar rule_lampu[5][5]=
{
{L_SH,L_MSH,L_MH,L_MFH,L_FH},
{L_SH,L_MSH,L_MH,L_MFH,L_FH},
{L_SH,L_MSH,L_MH,L_MFH,L_FH},
{L_SH,L_MSH,L_MH,L_MFH,L_FH},
{L_SH,L_MSH,L_MH,L_MFH,L_FH},

};

float kipas_output[5]={0,8,32,40,255};
float lampu_output[5]={0,140,150,170,180};
void defuzzy();
void fuzzy();
void check_rule();

void setup ()
{
Serial.begin(9600);
pinMode(ENA,OUTPUT);
Serial.println("BISMILLAH");
lcd.begin(16,4);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("BISMILLAH");
myservo.attach(LAMPU);
}

void baca_suhu()
{
    temp_c =feli.readTemperatureC();
humid= feli.readHumidity();
}

float triangle(float value,float x0,float x1,float x2)
{
float result=0;
float x;
x=value;

if((x<=x0) || (x>=x2))
{
result=0;
}

elseif(x==x1)
{
result=1;
}

elseif((x>=x0) && (x<x1))
{
result=((x-x0)/(x1-x0));
}

else
{
result=(((-x)+x2)/(x2-x1));
}

return result;
}

```

```

float grade(float value,float x0,float x1)
{
float result=0;
float x;

x=value;
if(x<=x0)
{
result=0;
}
elseif(x>=x1)
{
result=1;
}
else
{
result=(x-x0)/(x1-x0);
}

return result;
}

float reverse_grade(float value,float x0,float x1)
{
float result =0;
float x;
x=value;

if(x<=x0)
{
result=1;
}
elseif(x>=x1)
{
result=0;
}
else
{
result=(-x+x1)/(x1-x0);
}

return result;
}
void fuzzy()
{
int x;
Error[E_NB]=reverse_grade(data_Error,-1,-0.5);
Error[E_NS]=triangle(data_Error,-1,-0.5,0);
Error[E_Z]=triangle(data_Error,-0.5,0,0.5);
Error[E_PS]=triangle(data_Error,0,0.5,1);
Error[E_PB]=grade(data_Error,0.5,1);

humidity[H_TL]=reverse_grade(humi,0,25);
humidity[H_KL]=triangle(humi,0,25,50);
humidity[H_L]=triangle(humi,25,50,75);
humidity[H_SL]=triangle(humi,50,75,100);
humidity[H_LS]=grade(humi,75,100);
}

void check_rule(int rule)
{

```



64

```
int x,y;

for(x=0;x<5;x++)
{
cek[x]=0.0;
}
for(x=0;x<5;x++)
{
for(y=0;y<5;y++)
{
if(rule==0){

cek[rule_kipas[x][y]]=fmax(fmin(Error[y],humidity[x]),cek[rule_kipas[x][y]]);
}
else{

cek[rule_lampu[x][y]]=fmax(fmin(Error[y],humidity[x]),cek[rule_lampu[x][y]]);
}
}
}
}

void defuzzy(int rule)
{
int x;
float a=0.0,b=0.0;
for(x=0;x<5;x++){
if(rule==0){
a+=cek[x]*kipas_output[x];
}
else{
a+=cek[x]*lampu_output[x];
}
b+=cek[x];
}
int out =(int) a/b;
if(rule==0){
pwm= out;
analogWrite(ENA,pwm);
}
else{
angle= out;
myservo.write(angle);
}

}
void loop()
{
    baca_suhu();
    data_Error=setpoint-temp_c;
fuzzy();
    check_rule(0);
defuzzy(0);
    check_rule(1);
defuzzy(1);
if(count==30){
Serial.print(temp_c);
Serial.print(" ");
Serial.println(humi);
}
```



```
count=0;  
}  
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("T:");  
lcd.print(temp_c);  
lcd.print('\xDF');  
lcd.print("C H:");  
lcd.print(humi);  
lcd.print("% ");  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("F: ");  
lcd.print(pwm);  
lcd.print(" D: ");  
lcd.print(angle);  
lcd.print('\xDF');  
lcd.print(" ");  
delay(500);  
count++;  
}
```

The logo of Universitas Brawijaya is displayed prominently in the center. It features a circular emblem with a stylized central figure, possibly a deity or a historical figure, surrounded by four smaller figures. The entire emblem is set against a light gray background, which is enclosed within a larger, rounded rectangular frame. The word "UNIVERSITAS" is written in a bold, sans-serif font along the top inner edge of this frame, and "BRAWIJAYA" is written along the bottom inner edge.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



### Lampiran 3. DatasheetSHT11

#### DataSheet SHT 11

### Datasheet SHT21S

#### Humidity and Temperature Sensor IC

- Fully calibrated
- SDM interface convertible to analog output
- Low power consumption
- Excellent long term stability
- DFN type package – reflow solderable

#### Product Summary

The SHT21 humidity and temperature sensor of Sensirion has become an industry standard in terms of form factor and intelligence. Embodied in a new solderable Dual Chip No Leads (DFN) package of 3 x 3mm footprint and 1.1mm height, it provides calibrated, linearized sensor signals in analog Sigma Delta Modulated (SDM) format.

The SHT2x sensors contain a capacitive type humidity sensor, a band gap temperature sensor and a specialized analog and digital integrated circuit – all on a single CMOSens® chip. This yields in an unmatched sensor performance in terms of accuracy and stability as well as minimal power consumption.

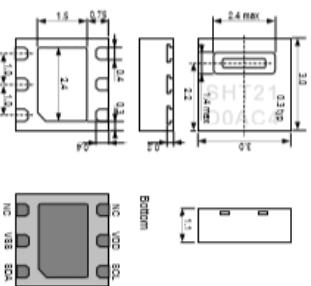


Figure 1: Drawing of SHT21S sensor package, dimensions. The die pad (center pad) is normally connected to VSS. The NC pins must be left floating. Numbering of pins starts at outer right corner (indicated by notch in the pad) and goes clockwise (compare Table 2).

**SENSIRION**  
THE SENSIRION COMPANY



#### Sensor Performance

##### Temperature

Parameter	Condition	Value	Units
Resolution		12 bit	0.04
Supply Voltage, VDD		2.1	3.0
Accuracy <sup>1</sup>	typ	$\pm 0.2$	°C
Repeatability <sup>2</sup>	max	see Figure 2	°C
Hysteresis		$\pm 0.1$	°C
Nonlinearity		$\pm 0.1$	°C
Response Time <sup>3</sup>	$t = 63\%$	8	s
Operating Range <sup>4</sup>	extended <sup>5</sup>	0 to 100	°RH
Long Term Drift <sup>6</sup>	Typ.	< 0.25	°C/yr

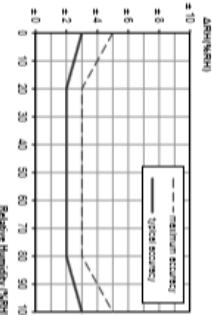


Figure 2: Typical and maximal tolerance at 25°C for relative humidity. For extensive information see Users Guide Sect. 5.3. For electronic impacts on accuracy please consult Sect. 5.3.

##### Relative Humidity

Parameter	Condition	Value	Units
Resolution		14 bit	0.01
Accuracy <sup>1</sup>	typ	$\pm 0.3$	°C
Repeatability <sup>2</sup>	max	see Figure 3	°C
Hysteresis		$\pm 0.1$	°C
Nonlinearity		$\pm 0.1$	°C
Response Time <sup>3</sup>	$t = 63\%$	5 to 30	s
Long Term Drift <sup>6</sup>	Typ.	< 0.02	°C/yr

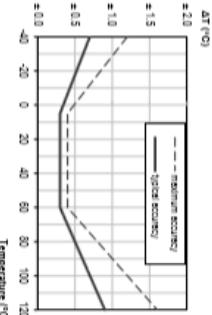


Figure 3: Typical and maximal temperature accuracy tolerance. For electronic impacts on accuracy please consult Sect. 5.3.

#### Electrical Specification

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Supply Voltage, VDD		2.1	3.0	3.6	V
Supply Current, ID <sup>7</sup>		160	180	200	µA
Power Dissipation <sup>8</sup>		0.48	0.55	0.65	mW
Measurement Frequency		1	2	4	Hz
Switch R/H on SDA, SCL up → RH, SCL down → T					

Table 1: Electrical specification. For absolute maximum values see Chapter 4.1 of Users Guide.

Sensor Type	Packaging	Quantity	Other Notes
SHT21S	Tape & Reel	4000	1-100718-01
	Tape & Reel	1500	1-100891-01
	Tape & Reel	5000	1-100896-01

#### Packaging Information

Parameter	Condition	Value	Units
Die Pad Dimensions	1 mm x 1 mm	1 x 1	mm

This datasheet is subject to change and may be amended without prior notice.

**SENSIRION**  
THE SENSIRION COMPANY

**Dimensions**

The SHT2x sensors contain a capacitive type humidity sensor, a band gap temperature sensor and a specialized analog and digital integrated circuit – all on a single CMOSens® chip. This yields in an unmatched sensor performance in terms of accuracy and stability as well as minimal power consumption.

**Sensor Chip**

SHT21S feature a generation 4C CMOSens® chip. Besides the capacitive relative humidity sensor and the band gap temperature sensor, the chip contains an amplifier, ADC converter, OTP memory and a digital processing unit.

**Material Contents**

While the sensor itself is made of Silicon the sensors' housing consists of a plated Cu lead-frame and a resin epoxy-based mold compound. The device is fully RoHS and WEEE compliant, e.g. free of Pb, Cd and Hg.

**Additional Information**

Additional information such as Application Notes is available from the web page [www.sensirion.com](http://www.sensirion.com). For more information please contact Sensirion via [info@sensirion.com](mailto:info@sensirion.com).

**Notes:**

- <sup>1</sup> Accuracies are tested at Output Data Format Condition at 25°C and 13%Vrh relative humidity and 25°C ambient and are applicable to non-condensing environments only.
- <sup>2</sup> Test by reading 4096 or more readings at 25°C and 13%RH.
- <sup>3</sup> Normal operating range 0°C to 50°C, beyond this limit sensor may not work.
- <sup>4</sup> Recommended operating range 0°C to 100°C.
- <sup>5</sup> Recommended operating range 0°C to 100°C.
- <sup>6</sup> Recommended operating range -40°C to 120°C.
- <sup>7</sup> Includes VDD, VSS, GND, SDA, SCL, VDD, VSS, GND.
- <sup>8</sup> Includes VDD, VSS, GND, SDA, SCL, VDD, VSS, GND.

[www.sensirion.com](http://www.sensirion.com)

Version 4 – May 2014

2/10

[www.sensirion.com](http://www.sensirion.com)

Version 4 – May 2014

1/10

## Users Guide SHT21S

### 1 Extended Specification

For details on how Sensirion is specifying and testing accuracy performance, please consult Application Note "Statement on Sensor Specification".

#### 1.1 Operating Range

The sensor works stable within recommended Normal Outside Normal Range, especially at humidity >80%RH. May temporarily offset the RH signal (-350ppm after 50h). After return into the Normal Range it will slowly return towards calibration state by itself. Prolonged exposure to extreme conditions may accelerate aging.

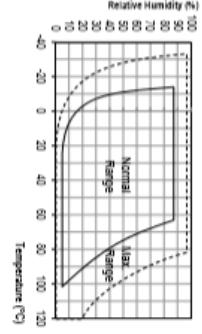


Figure 4 Operating Conditions

#### 1.2 RH accuracy at various temperatures

Typical RH accuracy at 25°C is defined in Figure 2. For other temperatures, typical accuracy has been evaluated to be as displayed in Figure 5.

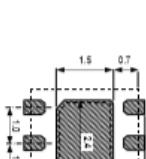


Figure 5 Typical accuracy of relative humidity measurements given in %RH for temperatures 0 – 50°C.

Figure 6: Graph showing Temperature [°C] vs Relative Humidity [%RH] for the SHT21 sensor. The graph shows a shaded region representing the typical accuracy range. The accuracy is best at 25°C (±2.5%) and worst at 0°C and 50°C (±3.5%).

Figure 7: Recommended metal land pattern for SHT21. Values in mm. Die Pad (center pad) may be left floating or be connected to ground. NC pads shall be left floating. The outer dotted line represents the outer dimension of the DFN package.

For solder paste printing a laser-cut, stainless steel stencil with electric-polished trapezoidal walls and min. 0.15mm stencil thickness is recommended. For the IO pads the stencil apertures should be 0.1mm longer than PCB pads. The first pattern is understood to be the inner layer on the PCB onto which the connecting pads are printed.

\* The first pattern is understood to be the inner layer on the PCB, onto which the connecting pads are printed.

\*\* The second pattern is understood to be the insulating layer on top of the PCB covering the connecting pads.

### 2 Application Information

#### 2.1 Soldering Instructions

The DFN's die pad (center pad) and perimeter I/O pads are fabricated from a planar copper lead-frame by over-molding, leaving the die pad and I/O pads exposed for mechanical and electrical connection. Both the I/O pads and die pad should be soldered to the PCB. In order to prevent oxidation and optimize soldering, the bottom side of the sensor pads is plated with NiPdAu.

On the PCB the I/O lands should be 0.2mm longer than the package I/O pads. inward corners may be rounded to match the I/O pad shape. The I/O land width should match the DFN package I/O-pads. Width 1.1 and the land or the die pad should match 1.1 with the DFN package - see Figure 7.

The solder mask design for the land pattern preferably is of type Non-Solder Mask Defined (NSMD) with solder mask openings larger than metal pads. For NSMD pads, matching rounded solder mask-opening shape to minimize the risk of solder bridging. For the actual pad dimensions, each pad of the PCB should have its own solder mask operating with a web of solder mask between adjacent pads.

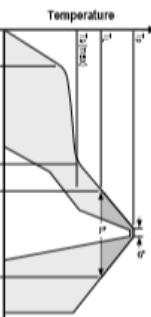


Figure 7 Soldering profile according to JEDEC standard T1 = 250°C and T2 = 30sec for Pb-Free assembly. T<sub>1</sub> = 220°C and T<sub>2</sub> = 15sec. Ramp-up speed shall be < 2°C/sec.

It is important to note that the died edge or side faces of the I/O pads may oxidize over time, therefore a solder fillet may or may not form. Hence, there is no guarantee for solder joint fillet heights of any kind.

For soldering SHT21, standard reflow soldering ovens may be used. The sensor is qualified to withstand soldering profile according to JEDEC J-STD-020 with peak temperatures at 260°C during up to 30sec for Pb-free assembly in IR/Convection reflow ovens (see Figure 8).

For manual soldering contact time must be limited to 5 seconds at up to 350°C.

Immediately after the exposure to high temperatures the sensor may temporarily read a negative humidity offset (typ. -1 to -2.5%RH after reflow soldering). This offset slowly disappears again by itself when the sensor is exposed to ambient conditions (typ. within 1-3 days) if RH testing is performed immediately after reflow soldering, this offset should be considered when defining the test limits.

In no case, neither after manual nor reflow soldering, a baked in moisture shall be applied. Therefore, a low pass filter should be placed close to the sensor. Please compare Section 5.3 for further information.

#### 2.2 Storage Conditions and Handling Instructions

Moisture Sensitivity Level (MSL) is 1, according to IEC/EN I-STO-020. At the same time, it is recommended to store the sensors within 1 year after date of delivery.

Due to the low mounted height of the DFN, "no clean" type 3 solder paste is recommended as well as Nitrogen purge during reflow.

It is of great importance to understand that a humidity sensor is not a normal electronic component and needs to be handled with care. Chemical vapors at high concentrations in combination with long exposure times may affect the sensor reading.

For this reason it is recommended to store the sensors in original packaging including the sealed ESD bag at following conditions. Temperature shall be in the range of 10°C – 50°C and humidity at 20 – 60%RH (sensors that are not stored in ESD bags). For sensors that have been removed from the original packaging, we recommend to store them in ESD bags made of metallized PE-HD<sup>11</sup>.

In manufacturing and transport, the sensors shall be protected of high concentration of chemical solvents and strong ester acids. Out-gassing of glues, adhesive tapes bubble bits, foams, etc. shall be avoided. Manufacturing area shall be well ventilated.

For more detailed information please consult the document "Handling Instructions" or contact Sensirion.

#### 2.3 Temperature Effects

Relative humidity reading strongly depends on temperature. Therefore, it is essential to keep humidity sensors at the same temperature as the air of which the relative humidity to be measured. In case of testing or qualification the reference sensor and test sensor must show equal temperature to allow for comparing humidity readings.

If the sensor shares a PCB with electronic components that produce heat it should be mounted in such a way that presents heat transfer or keeps it as low as possible. Measures to reduce heat transfer can be ventilation, reduction of copper layers between the sensor and the rest of the PCB or milling a slit into the PCB around the sensor - see Figure 9.

Due to the possible high frequency output the sensor may heat up if long cables are applied. Therefore, a low pass filter shall be placed close to the sensor. Please compare Section 5.3 for further information.

<sup>10</sup> Solder paste can be selected in the table presented in the present "Tool 3" section.

<sup>11</sup> For example, all printed circuit boards with solder

Datasheet SHT21S

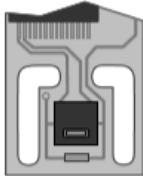


Figure 9 Top view of examples of mounted SHT21 with pins

### 3 Interface Specifications

Pin	Name	Comment
1	SDA	Data bit-stream
2	VSS	Ground
5	VDD	Supply voltage
6	SCL	Select for R/H or T
34	NC	Not connected

Parameter	min	max	Units
VDD to VSS	-0.3	5	V
Digital I/O Pins [SDA, SCL]	-0.3	VDD + 0.3	V
Input Current on R/H Pin	-100	100	mA
ESD immunity on R/H Pin	X ≈ 10%		
X ≈ 50%			
X ≈ 90%			

Table 3 Electrical absolute maximum ratings

ESD immunity is qualified according to JEDEC JESD22-A114 method (Human Body Model ±20kV), JEDC JESD22-A115 method (Machine Model ±200V) and ESDA ESD-STMS-3.1-1999 and IEC-62010-011 (Charged Device Model). 750V corner pins, 500V other pins). Latch-up immunity is provided at a bias current of ±100mA with  $T_{\text{amb}} = 125^{\circ}\text{C}$  according to JEDEC JESD73B. For explosive environments, limits the sensor needs additional protection circuit.

The electrical characteristics such as power consumption, low and high level input and output voltages depend on the supply voltage. For proper communication with the sensor it is essential to make sure that signal design is strictly within the limits given in Table 4.

Table 4 DC characteristics of input / output pins

Parameter	min	typ	max	Units
Output Low Voltage, VOL	0		V	
Output High Voltage, VDH	VDD		V	
Output Sink Current, IOL	40	10	μA	

Table 5 DC characteristics of input / output pins

Parameter	min	typ	max	Units
Output Low Voltage, VOL	0		V	
Output High Voltage, VDH	VDD		V	
Output Sink Current, IOH	40	10	μA	

Table 6 DC characteristics of input / output pins

Parameter	min	typ	max	Units
Output Low Voltage, VOL	0		V	
Output High Voltage, VDH	VDD		V	
Output Sink Current, IOH	40	10	μA	

Table 7 DC characteristics of input / output pins

Parameter	min	typ	max	Units
Output Low Voltage, VOL	0		V	
Output High Voltage, VDH	VDD		V	
Output Sink Current, IOH	40	10	μA	

Table 8 DC characteristics of input / output pins

Parameter	min	typ	max	Units
Output Low Voltage, VOL	0		V	
Output High Voltage, VDH	VDD		V	
Output Sink Current, IOH	40	10	μA	

Table 9 DC characteristics of input / output pins

Parameter	min	typ	max	Units
Output Low Voltage, VOL	0		V	
Output High Voltage, VDH	VDD		V	
Output Sink Current, IOH	40	10	μA	

### SENSIRION THE SENSOR COMPANY

Datasheet SHT21S

### SENSIRION THE SENSOR COMPANY

The SHT2x is not light sensitive. Prolonged direct exposure to sunlight or strong UV radiation may age the sensor.

**2.5 Materials Used for Sealing / Mounting**

Many materials absorb humidity and will act as a buffer increasing response times and hysteresis in the vicinity of the sensor must therefore be carefully chosen. Recommended materials are: Any metals, UHMW, POM (Delrin), PVDF (Teflon), PEEK, PP, PPS, PSU, PVDF, PVF.

For sealing and gluing (use sparingly): Use high filled epoxy for electronic packaging (e.g. glob top, underfill) and Silicone. Out-gassing of these materials may also contaminate the sensor (see Section 2.2). Therefore to add the sensor as a last manufacturing step to the assembly, store the assembly well ventilated after manufacturing or bake at >20°C for 24h to outgas contaminants before packing.

Figure 10 Typical application circuit, including decoupling of VDD and VSS by a capacitor.

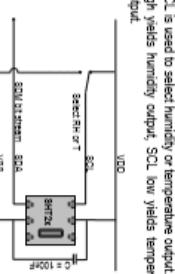
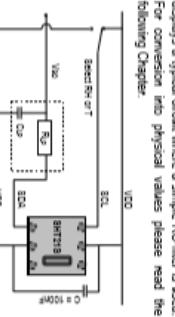
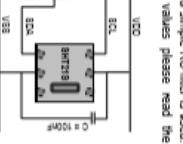


Figure 11 Schematic principle of SHT21 signal. X represents either RH or air temperature or sensor output.



An SDA signal normally is converted to an analog voltage signal by the addition of a low-pass filter. Figure 12 displays a typical circuit where a simple RC-filter is used. For conversion into physical values please read the following Chapter.



For an acceptable small ripple of the analog voltage signal, a cut-off frequency of 1Hz is recommended. Typical values for the low pass filter components are  $R = 100\text{k}\Omega$  and  $C = 220\text{nF}$ . The corresponding ripple of the signal is limited to maximal amplitude of  $\pm 0.7\%\text{RH}$  and  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ , respectively. If larger deviations are acceptable, the capacitor size can be reduced.

Important: The maximum current from SDA should not exceed 40μA. Therefore, there are restrictions on the size of the resistance  $R_S$ . Furthermore, the current should be kept as low as possible and therefore the input impedance of the reading buffer shall be larger than  $500\text{k}\Omega$  (50nA input biased current). Eventually, cable length between sensor and low pass filter shall be kept as short as possible in order to prevent self heating.

Please note that ripple and impacts by impedance are not considered in the accuracy statement.

## 4 Electrical Characteristics

### 4.1 Absolute Maximum Ratings

The electrical characteristics of SHT21S are defined in Table 1. The absolute maximum ratings as given in Table 3 are stress ratings only and give additional information.

Functional operation of the device at these conditions is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect the sensor reliability (e.g. hot carrier degradation, oxide breakdown).

### 5 Communication with Sensor

#### 5.1 Start up Sensor

As a first step, the sensor is powered up to the chosen supply voltage VDD (between 2.1V and 3.6V). After powerup, the sensor needs at most 150ms for reaching idle state. During that time SDA is in masterful state. Then the sensor starts measuring and providing data on SDA.

#### 5.2 SDA Output Principle

Signal Delta Modulation is a bitstream of pulses, the more high pulses the higher the value in the full measurement range – see Figure 11. Such information is humidity for SCL pulled high and temperature for SCL pulled low. The functional frequency of SDA is in the range of roughly 4 kHz and 65 kHz.

Datasheet SHT21S

SENSIRION  
THE SENSIRION COMPANY

Datasheet SHT21S

SENSIRION  
THE SENSIRION COMPANY

## 6 Conversion of Signal Output

After the bus pass filter the sensor provides an output voltage  $V_{DD}$  which as a portion of  $V_{DD}$  then is converted into a physical value.

Resolution is set to 10 bit for relative humidity and 12 bit for temperature and cannot be changed. The sensor reading is linearized and hence it can be converted to a physical value by an easy linear equation.

### 6.1 Reading Humidity Conversion

With the relative humidity signal output the relative humidity RH is obtained by the following formula (result in %RH):

$$RH = 5 + \frac{V_{DD}}{V_{DD}}$$

The physical value RH given above corresponds to the relative humidity above liquid water according to World Meteorological Organization (WMO). For relative humidity above ice RH the values need to be transformed from  $L$ . The equation is given in the following, compare also Application Note "Introduction to Humidity".

$$RH = RH_0 \cdot \exp\left(\frac{\beta - t}{\lambda + t}\right) / \exp\left(\frac{\beta - L}{\lambda + L}\right)$$

Units are %RH for relative humidity and  $^{\circ}C$  for temperature. The corresponding coefficients are defined as follows:  $\beta_0 = 17.02$ ,  $\lambda_0 = 243.12^{\circ}C$ ,  $\beta = 22.46$ ,  $\lambda = 277.62^{\circ}C$ .

## 6.2 Temperature Conversion

The temperature  $T$  is calculated by inserting temperature signal output  $S_{TH}$  into the following formula result in  $^{\circ}C$ :

$$T = -46.55 + \frac{V_{DD}}{V_{DD}}$$

## 7 Environmental Stability

The SHT2x sensor series were tested based on AEC-Q100 Rev. G qualification test method where applicable. Sensor specifications are tested to prevail under the AEC-Q100 temperature grade 1 test conditions listed in Table 5.1.

5.1.1 performance under other test conditions cannot be guaranteed and is not part of the sensor specifications. Especially, no guarantee can be given for sensor

<sup>1</sup> Sensor operating temperature range is -40 to 120  $^{\circ}C$  (AEC-Q100 temperature range 1).

<sup>2</sup> According to accuracy and long term drift specification given on Page 2.

www.sensirion.com

Version 4 – May 2014

7.10

performance in the field or for customer's specific application.

Environment Standard Results

Environment	Standard	Results
HTRL	125°C, 40 hours	Pass
TC	-50°C - 125°C, 1000 cycles	Pass
UHT	130°C / 85%RH / 2.5bar, 96h	Pass
TRH	85°C / 85%RH, 1000h	Pass
HTSL	150°C, 100h	Pass
ELFR	125°C, 45h	Pass
ESD Immunity	PEM (±5kV, MIN ±200V, COM) TSVN/SVON (committer pins)	Pass
Latch-up	I <sub>on</sub> current of <10mA with $V_{DD}$ = 125°C	Pass

Table 5: Qualification test results for SHT21S

Operating Lifetime, TC = Temperature, UHT = Unbiased Highly Accelerated Stress Test, TRH = Temperature Humidity Stress, HTSL = High Temperature Storage Lifetime, ELFR = Early Life Failure Rate. For details on ESD see Sect. 4.1.

If sensors are qualified for reliability and behavior in extreme conditions, please make sure that they experience same conditions as the reference sensor. It should be taken into account that response times in assemblies may be longer, hence enough dwell time for the measurement shall be granted. For detailed information please consult Application Note "Qualification Guide".

(SHT21). The first digit of the second line defines the output mode (0 = digital, Sensors DC, P = PWM, S = SCL, P = SDA). The second digit defines the manufacturing year (0 = 2010, ... = 2011, etc.). The last three digits represent an alphanumeric tracking code. That code can be decoded by Sensors only and allows for tracking on batch level through production, calibration and testing – and will be provided upon justified request.

Reels are also labeled, as displayed in Figure 13 and Figure 14, and give additional traceability information.

Figure 13: Laser marking on sensor. For details see text.

The marking on the sensor consists of two lines with five digits each. The first line denotes the sensor type



Figure 13: Second label on reel. For Device Type and Part

Code Number See Packaging Information on page 2, Date

of Delivery, DO, MM, YYYY

Order Code:

48CCCC/0



Figure 14: First label on reel XX-1 Sensor type 21 (for SHT21), O = Output mode (0 = Digital, P = PWM, S = SCL, P = SDA), Y = last digit of year, RRR = number of sensors on reel divided by 10 (200 for 2000 units), TTTTT = Traceability Code.

SENSIRION	
THE SENSIRION COMPANY	
Device Type:	1-100PPR-HIN
Description:	Humidity & Temperature Sensor SHTx
Part Order No.:	1-100PPR-HIN or Customer Number
Data of Delivery:	DO, MM, YYYY
Order Code:	48CCCC/0

Figure 15: Second label on reel. For Device Type and Part

Code Number See Packaging Information on page 2, Date

of Delivery, DO, MM, YYYY

Order Code:

48CCCC/0

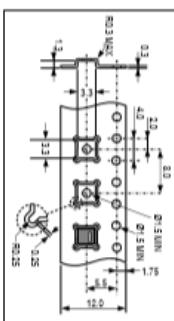


Figure 16: Sketch of packaging tape and sensor orientation. Header tape is to the right and trailer tape to the left on this sheet.

www.sensirion.com

Version 4 – May 2014

8.10

SENSIRION  
THE SENSIRION COMPANY

Datasheet SHT21S

SENSIRION  
THE SENSIRION COMPANY

Datasheet SHT21S

8.1 Packaging type

SHT2x sensors are provided in DFN packaging (in analogy with QFN packaging). DFN stands for Dual Flat No Leads.

The sensor chip is mounted to a lead frame made of Cu and plated with NiPdAu. Chip and lead frame are over molded by green epoxy-based mold compound. Please note that side walls of sensors are diced and hence lead frame at diced edge is not covered with respective protective coating. The total weight of the sensor is 25mg. No leads.

For SHT2x a filter cap S2 is available. It is designed for fast response times and compact size. Please find the description on Sensirion's web page.

Figure 17: First label on reel XX-1 Sensor type 21 (for SHT21), O = Output mode (0 = Digital, P = PWM, S = SCL, P = SDA), Y = last digit of year, RRR = number of sensors on reel divided by 10 (200 for 2000 units), TTTTT = Traceability Code.

Figure 18: Sketch of packaging tape and sensor orientation. Header tape is to the right and trailer tape to the left on this sheet.

www.sensirion.com

Version 4 – May 2014

8.10





## Lampiran 4. Datasheet Motor Servo MGS9



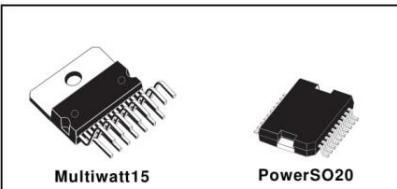
**L298**

### DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

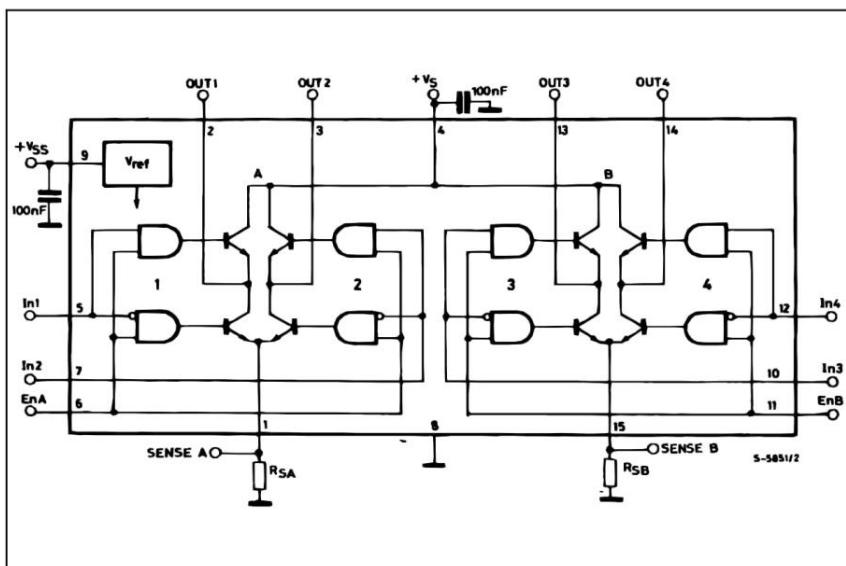
#### DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the connection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.



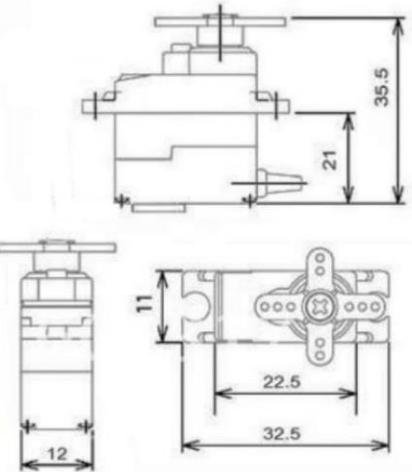
**ORDERING NUMBERS :** L298N (Multiwatt Vert.)  
L298HN (Multiwatt Horiz.)  
L298P (PowerSO20)

#### BLOCK DIAGRAM



## MG90S

Metal Gear Servo



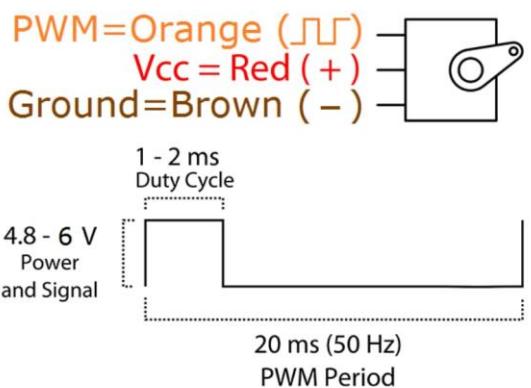
### MG90S servo, Metal gear with one bearing

Tiny and lightweight with high output power, this tiny servo is perfect for RC Airplane, Helicopter, Quadcopter or Robot. This servo has *metal gears* for added strength and durability.

Servo can rotate approximately 180 degrees (90 in each direction), and works just like the standard kinds but *smaller*. You can use any servo code, hardware or library to control these servos. Good for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. It comes with a 3 horns (arms) and hardware.

### Specifications

- Weight: 13.4 g
- Dimension: 22.5 x 12 x 35.5 mm approx.
- Stall torque: 1.8 kgf·cm (4.8V), 2.2 kgf·cm (6 V)
- Operating speed: 0.1 s/60 degree (4.8 V), 0.08 s/60 degree (6 V)
- Operating voltage: 4.8 V - 6.0 V
- Dead band width: 5  $\mu$ s



Position "0" (1.5 ms pulse) is middle, "90" (~2 ms pulse) is all the way to the right, "-90" (~1 ms pulse) is all the way to the left.



## Lampiran 5. Datasheet driver motor L298N



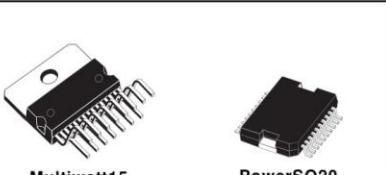
L298

## DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
  - TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
  - LOW SATURATION VOLTAGE
  - OVERTEMPERRATURE PROTECTION
  - LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V  
(HIGH NOISE IMMUNITY)

## **DESCRIPTION**

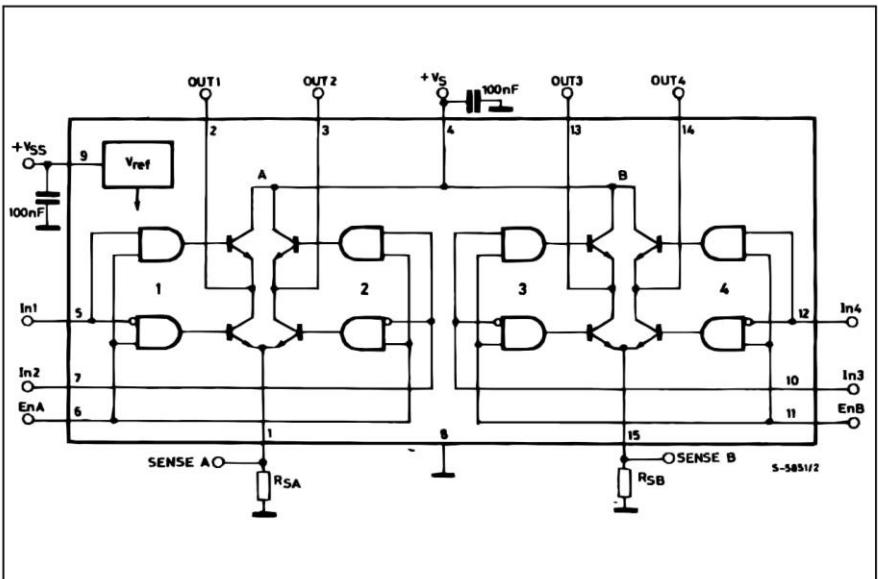
The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



**ORDERING NUMBERS :** L298N (Multiwatt Vert.)  
L298HN (Multiwatt Horiz.)  
L298P (PowerSO20)

nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

## BLOCK DIAGRAM

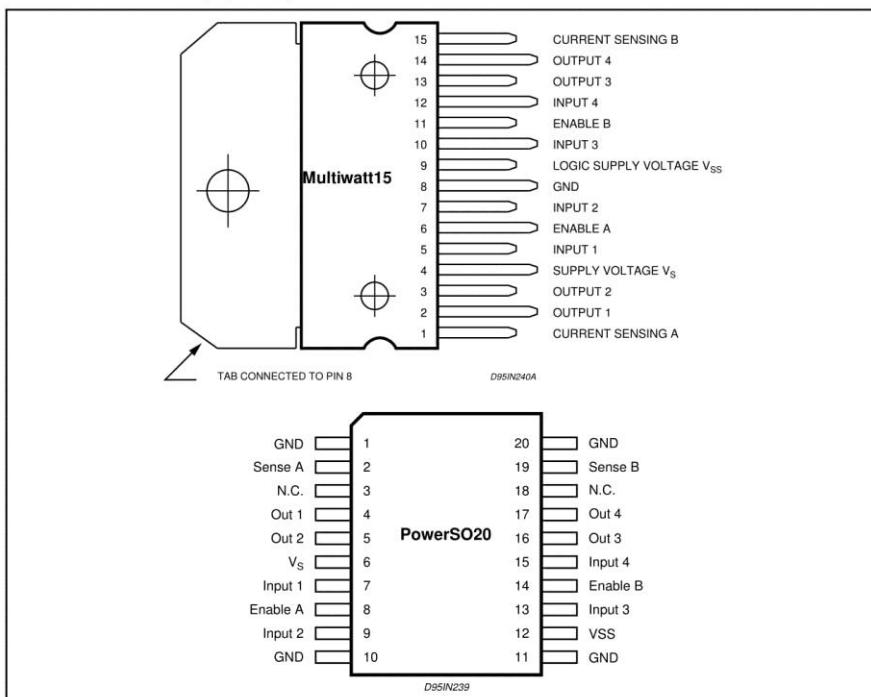


Jenuary 2000

1/13

**L298****ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_S$	Power Supply	50	V
$V_{SS}$	Logic Supply Voltage	7	V
$V_I, V_{EN}$	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
$I_O$	Peak Output Current (each Channel)		
	- Non Repetitive ( $t = 100\mu s$ )	3	A
	- Repetitive (80% on -20% off; $t_{on} = 10ms$ )	2.5	A
	-DC Operation	2	A
$V_{SENS}$	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
$P_{TOT}$	Total Power Dissipation ( $T_{case} = 75^\circ C$ )	25	W
$T_{OP}$	Junction Operating Temperature	-25 to 130	°C
$T_{STG}, T_J$	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	°C

**PIN CONNECTIONS** (top view)**THERMAL DATA**

Symbol	Parameter	PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{th(j-case)}$	Thermal Resistance Junction-case	Max.	3	°C/W
$R_{th(j-amb)}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	13 (*)	°C/W

(\*) Mounted on aluminum substrate

**PIN FUNCTIONS** (refer to the block diagram)

MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V <sub>S</sub>	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	V <sub>SS</sub>	Supply Voltage for the Logic Blocks. A 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
-	3;18	N.C.	Not Connected

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $V_S = 42V$ ;  $V_{SS} = 5V$ ,  $T_j = 25^\circ C$ ; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_S$	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	$V_{IH} +2.5$		46	V
$V_{SS}$	Logic Supply Voltage (pin 9)		4.5	5	7	V
$I_S$	Quiescent Supply Current (pin 4)	$V_{en} = H; I_L = 0$	$V_i = L$ $V_i = H$	13 50	22 70	mA mA
		$V_{en} = L$	$V_i = X$		4	mA
$I_{SS}$	Quiescent Current from $V_{SS}$ (pin 9)	$V_{en} = H; I_L = 0$	$V_i = L$ $V_i = H$	24 7	36 12	mA mA
		$V_{en} = L$	$V_i = X$		6	mA
$V_{IL}$	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		-0.3		1.5	V
$V_{IH}$	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		2.3		$V_{SS}$	V
$I_{IL}$	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	$V_i = L$			-10	$\mu A$
$I_{IH}$	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	$V_i = H \leq V_{SS} - 0.6V$		30	100	$\mu A$
$V_{en} = L$	Enable Low Voltage (pins 6, 11)		-0.3		1.5	V
$V_{en} = H$	Enable High Voltage (pins 6, 11)		2.3		$V_{SS}$	V
$I_{en} = L$	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	$V_{en} = L$			-10	$\mu A$
$I_{en} = H$	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	$V_{en} = H \leq V_{SS} - 0.6V$		30	100	$\mu A$
$V_{CEsat(H)}$	Source Saturation Voltage	$I_L = 1A$ $I_L = 2A$	0.95	1.35 2	1.7 2.7	V
$V_{CEsat(L)}$	Sink Saturation Voltage	$I_L = 1A$ (5) $I_L = 2A$ (5)	0.85	1.2 1.7	1.6 2.3	V
$V_{CEsat}$	Total Drop	$I_L = 1A$ (5) $I_L = 2A$ (5)	1.80		3.2 4.9	V
$V_{sens}$	Sensing Voltage (pins 1, 15)		-1 (1)		2	V

**Lampiran 6. Hasil uji kadar air biji kakao**

**FAKULTAS PERTANIAN-PETERNAKAN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG**  
**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN**  
Agroteknologi (Akreditasi A) | Agribisnis (Akreditasi A) | Ilmu dan Teknologi Pangan (Akreditasi A)  
Kehutanan (Akreditasi B) | Peternakan (Akreditasi A) | Perikanan (Akreditasi A)  
Jl. Raya Tlogomas 246, Malang – Jawa Timur, Telp. +62 341 464318 hunting (319) ext. 114 Fax. +62 341 460435 email,  
[fpp@umm.ac.id](mailto:fpp@umm.ac.id) | website, <http://pertanian-peternakan.umm.ac.id>

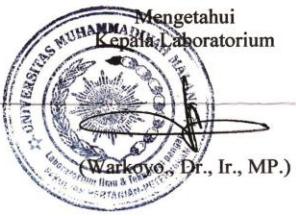
**LAPORAN HASIL PENGUJIAN**

Nomor : 006/.6.o/Lab.ITP/PPP-UMM/I/2017

Yang bertanda tangan di bawah ini Kepala Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pangan (ITP) Universitas Muhammadiyah Malang menerangkan bahwa hasil analisis sebagai berikut :

Nama : Wahyu Gusti Habibi  
Instansi : Universitas Brawijaya Malang  
Jurusan/Fak : Teknik  
Sampel : Biji Cacao  
Tanggal Terima : 18 Januari 2017  
Tanggal Pengujian : 19 Januari 2017  
Tanggal Keluar : 20 Januari 2017

Sampel	K. Air (%)
K A	5.776
K B	6.277



PENERIMA PENGHARGAAN ANUGERAH KAMPUS UNGGUL (AKU)  
2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015  
KOPERTIS WILAYAH VII JAWA TIMUR

Analisis,

  
(Dian Izmi K., STP)



**LABORATORIUM PENGUJIAN MUTU DAN KEAMANAN PANGAN  
(TESTING LABORATORY OF FOOD QUALITY AND FOOD SAFETY)**

JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Jl. Veteran, Malang 65145, Telp. (0341) 573358

E-mail : labujipangan\_thpub@yahoo.com

**KEPADА : Wahyu Gusti Habibi  
FT - UB  
MALANG**

**LAPORAN HASIL UJI  
REPORT OF ANALYSIS**

Nomor / Number : 0058/THP/LAB/2017  
Nomor Analisis / Analysis Number : 0058  
Tanggal penerbitan / Date of issue : 25 Januari 2017  
Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan, bahwa hasil pengujian  
*The undersigned ratifies that examination*  
Dari contoh / of the sample (s) of : KAKAO  
Untuk analisis / For analysis :  
Keterangan contoh / Description of sample :  
Diambil dari / Taken from :  
Oleh / By :  
Tanggal penerimaan contoh / Received : 17 Januari 2017  
Tanggal pelaksanaan analisis / Date of analysis : 17 Januari 2017  
Hasil adalah sebagai berikut / Resulted as follows :

PARAMETER	HASIL
AIR (%)	5,92

HASIL PENGUJIAN INI HANYA BERLAKU UNTUK  
CONTOH-CONTOH TERSEBUT DI ATAS. PENGAMBIL  
CONTOH BERTANGGUNG JAWAB ATAS KEBENARAN  
TANDING BÄRÄNG

Ketua,



Dr. Widya Dwi Rukmi P., STP, MP  
NIP. 19700504 199903 2 002