

**PENGONTROLAN SUHU DAN KELEMBABAN PADA BUDIDAYA  
SEMUT RANGRANG MENGGUNAKAN KONTROL LOGIKA  
FUZZY**

**SKRIPSI**

**TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK KONTROL**

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



**PUGUH SASI RIZKY RAMADHAN**

**NIM. 0910633066**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2017**



## RINGKASAN

**Puguh Sasi Rizky Ramadhan**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 2017, *Pengontrolan Suhu Dan Kelembapan Pada Budidaya Semut Rangrang Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy*, dosen pembimbing : Dr. Ir. Erni Yudanigtyas, MT. Dan Goegoes Dwi Nusantoro, S.T., M.T.

Semut rangrang (*Oecophylla smaragdina*) merupakan semut yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi, yaitu sebagai penghasil kroto (larva semut rangrang) yang digunakan para penghobi burung sebagai pakan ternaknya.

Selama ini kebutuhan kroto masih mengandalkan tangkapan secara tradisional di alam bebas yang tidak selamanya memenuhi kebutuhan pasar. Banyak peternak kroto yang mengalami kegagalan panen karena cuaca yang tidak menentu, maka penulis merancang sebuah alat pengontrol suhu dan kelembapan pada budidaya semut rangrang dengan menggunakan kontrol logika *Fuzzy*.

Dari hasil pengujian yang ditentukan nilai setpoint sebesar  $25^{\circ}\text{C}$  dan didapatkan parameter kontrol *Time Delay* (Td) = 4,5 menit, *Time Rise* (Tr) = 7,2 menit, *Time Peak* (Tp) = 9 menit, *Time Settling* (Ts) = 11 menit. Pada pengujian keseluruhan sistem menggunakan parameter sebagai berikut:

*Fuzzyfikasi* : *Min-Max*

*Defuzzyfikasi* : Metode *Center Of Gravity (COG)*

*Membership Function* : 5

**Kata Kunci** : Semut Rangrang, *Fuzzy*, Suhu, Kelembaban.



## SUMMARY

**Puguh Sasi Rizky Ramadhan**, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, 2017, *Temperature And Humidity Control On Cultivation of weaver ants Using Fuzzy Logic Control*, Academic Supervisor: Dr. Ir. Erni Yudanigtyas, MT. And Goegoes Dwi Nusantoro, S.T., M.T.

Weaver ants (*Oecophylla smaragdina*) is an ant that has a high economic value, namely as a producer *Kroto* (weaver ant larvae) used the bird hobbyist as bird feed.

*Kroto's* supply still rely on traditional catches in the wild that do not always meet the needs of the market. Many breeders *Kroto* who experienced crop failure due to erratic weather, the authors designed a means of controlling temperature and humidity in the cultivation of weaver ants using *Fuzzy Logic Control*.

From the results of the tests specified setpoint value at 25°C and obtained control parameter Time Delay (Td) = 4.5 minutes, Rise Time (Tr) = 7.2 min, Time Peak (Tp) = 9 minutes, Settling Time (Ts) = 11 minutes. In testing the entire system using the following parameters:

Fuzzyfikasi: Min-Max

Defuzzyfication: Methods Center Of Grafity (COG)

Membership Function: 5

**Keywords:** weaver ants, Fuzzy, Temperature, Humidity.



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji hanya bagi Allah SWT, Rabb alam semesta. Dialah Allah, Tuhan Yang Maha Satu, Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Dialah Sebaik baik Penolong dan Sebaik baik Pelindung. Dengan limpahan ilmu, kekuatan, kesehatan, dan semangat sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan judul: **“PENGONTROLAN SUHU DAN KELEMBABAN PADA BUDIDAYA SEMUT RANGRANG MENGGUNAKAN KONTROL LOGIKA FUZZY”**. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad Rasulullah SAW, Sang pembawa kabar gembira dan sebaik baik suri tauladan bagi yang mengharap Rahmat dan Hidayah-Nya.

Sungguh hanya melalui Pertolongan dan Perlindungan Allah SWT semata sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Dengan seizin Allah SWT, di kesempatan yang baik ini saya ingin menghaturkan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar besarnya atas bantuan sehingga terselesainya skripsi ini kepada:

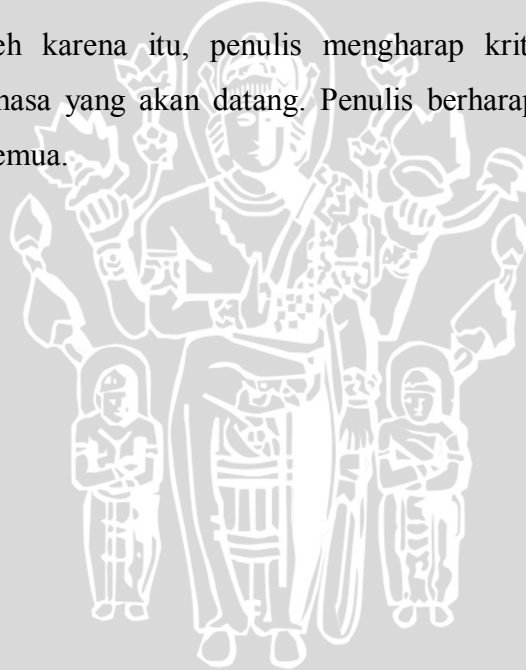
1. Keluarga tercinta, kedua orang tua Nanang Sedyo S dan Astatik yang selalu memberikan kasih sayang dan doanya yang tiada akhir. Serta adik Yusuf zamroni yang selalu memberikan dukungan.
2. Ibu Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan segala bimbingan, pengarahan, gagasan, ide, saran serta motivasinya.
3. Bapak Goegoes Dwi Nusantoro, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang juga telah memberikan banyak waktu, keikhlasan, dan kesabaran dalam membimbing.
4. Bapak Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
5. Ibu Ir. Nurussadah, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis atas segala nasehat dan bimbingan yang telah diberikan,
6. Bapak Ali Mustofa ST., MT., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Elektro.
7. Bapak Ir. Purwanto, MT. sebagai Ketua Kelompok Dosen Keahlian Sistem Kontrol Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
8. Staf Rekording, staf Pengajaran, dan staf Ruang Baca Jurusan Teknik Elektro yang telah membantu segala urusan penulis selama ini.
9. Sahabat terbaik Anak Agung Surya, A Iman, Nandana, Rizaldi Fathoni, Lena Fatihatul. yang selalu ada untuk memberikan cerita, canda tawa, bantuan, saran, motivasi dan semangat setiap saat dalam suka maupun duka.

10. Rekan-rekan yang membantu dalam mengerjakan skripsi, Nandana, Praja, Ade Bete, Anas Setiawan, Ridho, Arga, Akhyar, Sogik, Dika, Dimas, Iman, Andrew, Ipul, Rio, Okta, Surya, Debby, Yoshiko, Gopar, Zainul, kawan-kawan rombongan hore dan banyak lainnya atas segala bantuan dan waktu yang sudah diberikan dalam pengerjaan skripsi.
11. Keluarga besar di Batu yang telah memberikan banyak bantuan moral serta biaya selama 7 tahun ini.
12. Semua anggota Ampere 2009, teman-teman Elektro dari berbagai angkatan dan teman-teman Fakultas Teknik lainnya atas seluruh bantuan dan dukungannya.
13. Seluruh teman - teman serta semua pihak yang tidak mungkin untuk dicantumkan namanya satu-persatu, terima kasih banyak atas segala bentuk bantuan dan dukungannya.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini belumlah sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharap kritik dan saran untuk penyempurnaan tulisan di masa yang akan datang. Penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Januari 2017

Penulis





## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Kontrol Logika Fuzzy.....	5
2.1.1 Struktur Dasar Kontrol Logika <i>Fuzzy</i> .....	5
2.1.2 Fungsi Keanggotaan .....	6
2.1.3 Kontroler Logika <i>Fuzzy</i> .....	7
2.1.3.1 Fuzzifikasi.....	8
2.1.3.2 Kaidah Aturan <i>Fuzzy (Fuzzy Rule)</i> .....	8
2.1.3.3 Metode Inferensi MAX-MIN .....	9
2.1.3.4 Metode Defuzifikasi Center Of Gravity (COG).....	10
2.2 PWM (Pulse Width Modulation).....	11
2.3 Sensor SHT 11 .....	11
2.3.1 Prinsip Kerja Sensor SHT 11 .....	12
2.4 Arduino UNO.....	13
2.4.1 Daya.....	13
2.4.2 Memori.....	14

2.4.3 Input dan Output.....	14
2.4.4 Komunikasi .....	15
2.5 Motor DC.....	15
2.6 Semut Rangrang ( <i>Oeochophylla smaragdina</i> ) .....	17
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
3.1 Spesifikasi Alat .....	19
3.2 Perancangan Blok Diagram Sistem.....	19
3.2.1 Prinsip Kerja.....	21
3.3 Perancangan Perangkat Keras.....	21
3.3.1 Perancangan Mekanik Plant .....	21
3.3.2 Pembuatan Rangkaian Sistem Secara Keseluruhan.....	22
3.3.3 Perancangan Sensor SHT 11.....	23
3.3.4 Perancangan Driver Motor DC.....	23
3.4 Perancangan Rangkaian LCD 16x2 .....	24
3.5 Perancangan Sistem Kontrol Logika <i>Fuzzy</i> .....	25
3.5.1 Variabel Masukan dan Keluaran .....	25
3.5.2 Fungsi Keanggotaan Masukan .....	25
3.5.3 Fungsi Keanggotaan Keluaran .....	26
3.5.4 Perancangan Aturan <i>Fuzzy</i> .....	27
3.5.5 Metode Inferensi MIN-MAX .....	27
3.6 Defuzzifikasi.....	31
3.7 Perancangan Perangkat Lunak .....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
4.1 Pengujian Catu Daya .....	35
4.2 Pengujian Driver Motor EMS 5A H-Bridge.....	36
4.2.1 Peralatan Pengujian .....	36
4.2.2 Prosedur Pengujian .....	36
4.2.3 Hasil Pengujian.....	37
4.3 Pengujian Sensor SHT 11.....	38
4.4 Pengujian Keseluruhan Sistem .....	39
4.4.1 Peralatan Pengujian .....	39
4.4.2 Prosedur Pengujian.....	39

4.4.3 Hasil Pengujian.....40

**BAB V PENUTUP**.....47

5.1 Kesimpulan.....47

5.2 Saran.....47

**DAFTAR PUSTAKA**.....49

**LAMPIRAN**

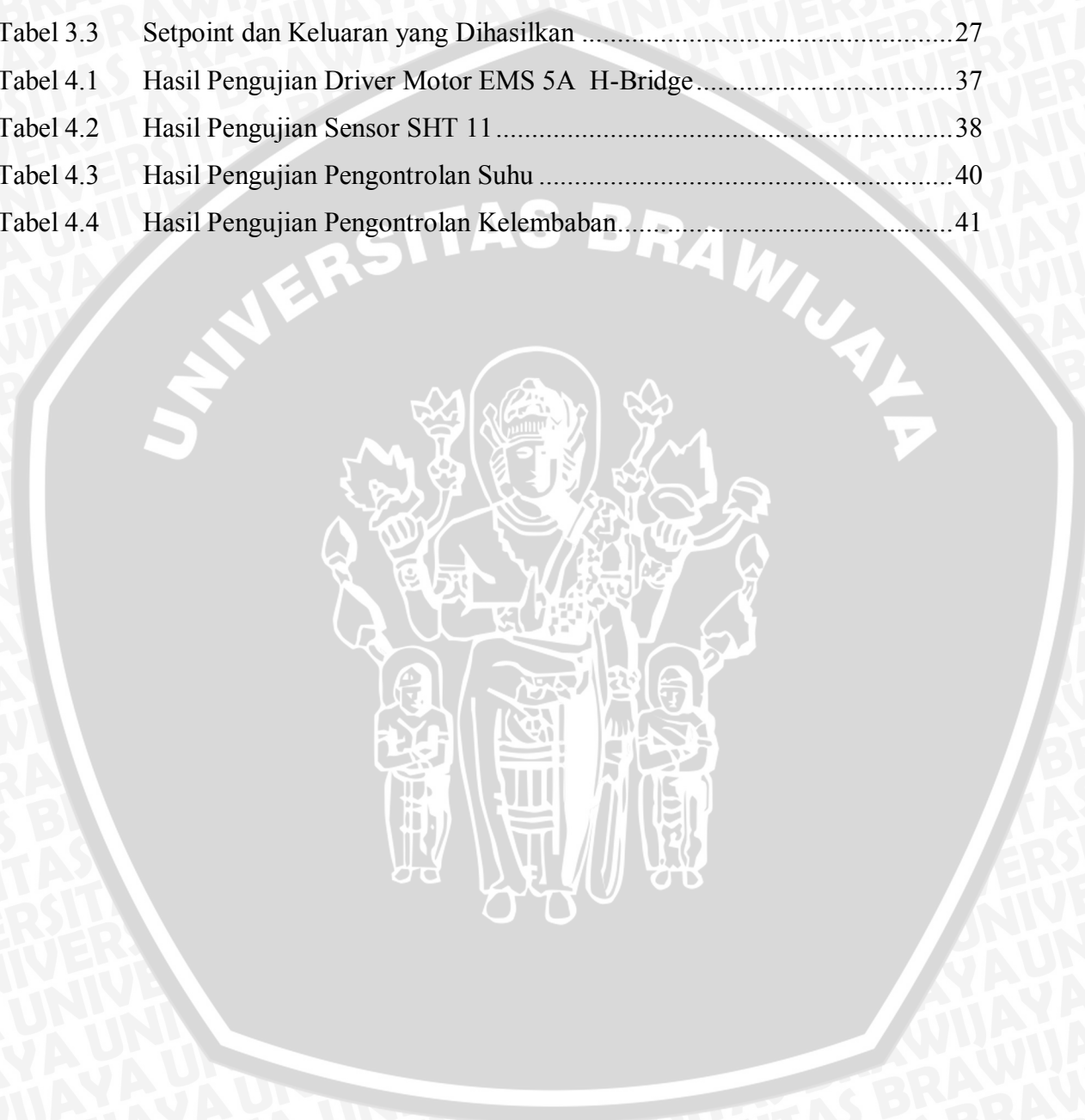


UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 3.1	Fungsi Pin Arduino.....	22
Tabel 3.2	Aturan <i>Fuzzy</i> .....	27
Tabel 3.3	Setpoint dan Keluaran yang Dihasilkan .....	27
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Driver Motor EMS 5A H-Bridge.....	37
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Sensor SHT 11 .....	38
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Pengontrolan Suhu .....	40
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Pengontrolan Kelembaban.....	41

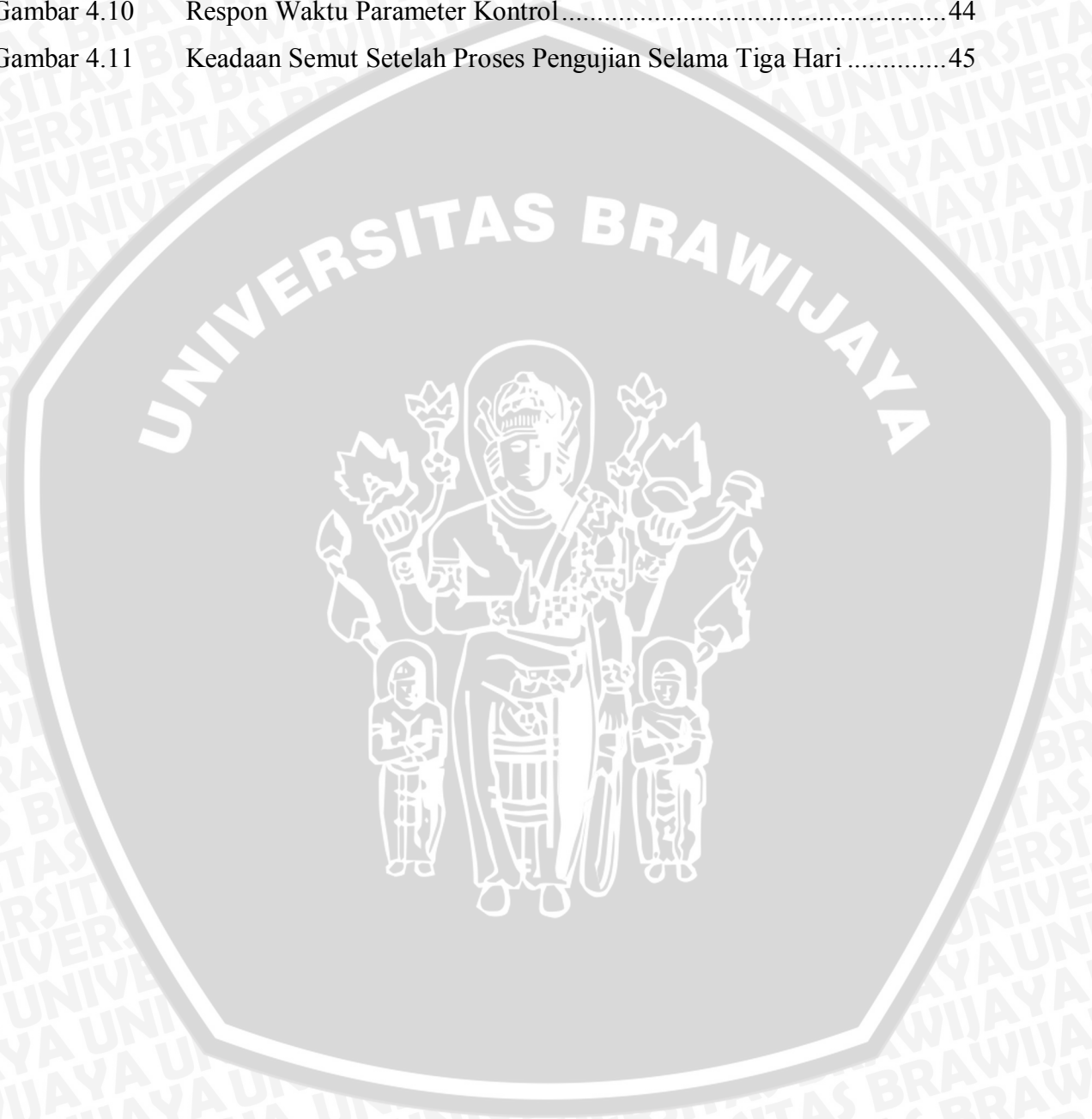




## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Kontrol Logika <i>Fuzzy</i> .....	5
Gambar 2.2	Fungsi Keanggotaan Bentuk Triangular .....	6
Gambar 2.3	Fungsi Keanggotaan Bentuk Trapezium.....	7
Gambar 2.4	Inferensi <i>Fuzzy</i> Dengan Metode MAX-MIN .....	10
Gambar 2.5	Sinyal PWM Secara Umum .....	11
Gambar 2.6	Sensor Temperatur/Humidity Sensor – SHT 11.....	12
Gambar 2.7	Tampak Depan Arduino Uno .....	13
Gambar 2.8	Ilustrasi Cara Kerja Motor DC .....	16
Gambar 2.9	Semut Rangrang ( <i>Oecophylla Smaragdina</i> ).....	17
Gambar 3.1	Blok Diagram Sistem Secara Umum.....	20
Gambar 3.2	Diagram Blok Sistem Secara Keseluruhan .....	20
Gambar 3.3	Rancangan Sistem <i>Plant</i> Pengontrolan Suhu Dan Kelembaban .....	21
Gambar 3.4	Rangkaian Sistem Keseluruhan.....	22
Gambar 3.5	Rangkaian Sensor SHT 11 .....	23
Gambar 3.6	Koneksi Modul Driver Motor EMS 5A H-Bridge .....	23
Gambar 3.7	Modul Driver Motor EMS 5A H-Bridge .....	24
Gambar 3.8	Rangkaian LCD 16x2 .....	24
Gambar 3.9	Fungsi Keanggotaan Masukan Error .....	26
Gambar 3.10	Fungsi Keanggotaan Masukan Delta Error.....	26
Gambar 3.11	Fungsi Keanggotaan Keluaran Kecepatan .....	26
Gambar 3.12	Inferensi Min-Max Saat Sample Ke-101 .....	28
Gambar 3.13	Inferensi Min-Max Saat Sample Ke-102 .....	29
Gambar 3.14	Inferensi Min-Max Saat Sample Ke-103 .....	30
Gambar 3.15	Inferensi Min-Max Saat Sample Ke-104 .....	30
Gambar 3.16	Inferensi Min-Max Saat Sample Ke-105 .....	31
Gambar 3.17	Flowchart Perangkat Lunak .....	34
Gambar 4.1	Pengukuran Catu Daya .....	35
Gambar 4.2	Grafik Tegangan Terhadap PWM .....	37
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Suhu SHT 11 dan Thermometer.....	38
Gambar 4.4	Grafik Perbandingan Kelembaban SHT 11 Dan Hygrometer.....	39

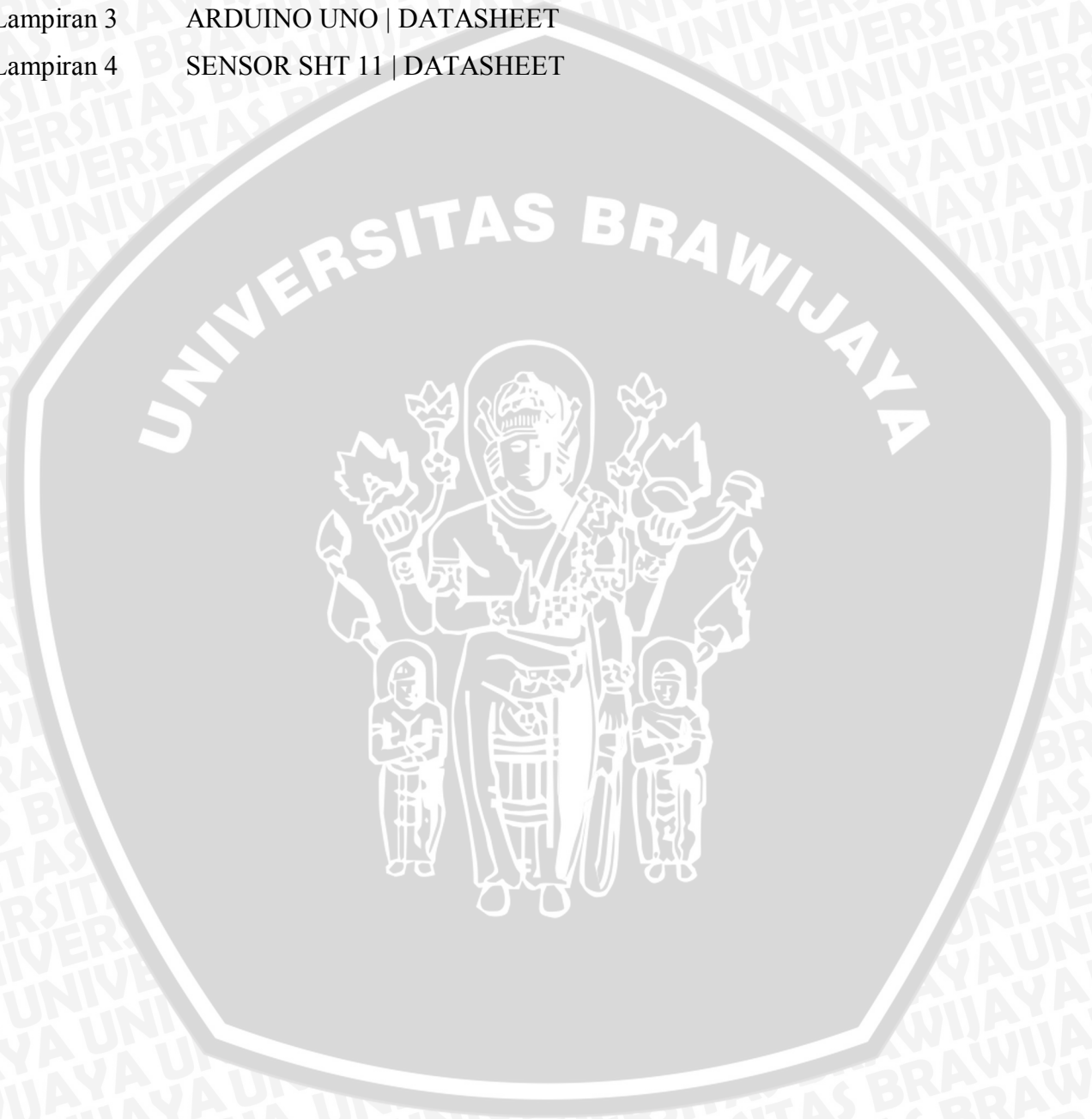
Gambar 4.5	Grafik Suhu Terhadap Waktu .....	42
Gambar 4.6	Grafik Kelembaban Terhadap Waktu .....	42
Gambar 4.7	Grafik Pwm Terhadap Waktu .....	43
Gambar 4.8	Grafik <i>Logic Sprayer</i> Terhadap Waktu .....	43
Gambar 4.9	Perbandingan Grafik Aksi Kontrol Suhu Dan Kelembaban .....	43
Gambar 4.10	Respon Waktu Parameter Kontrol .....	44
Gambar 4.11	Keadaan Semut Setelah Proses Pengujian Selama Tiga Hari .....	45





## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	FOTO ALAT
Lampiran 2	LISTING PROGRAM
Lampiran 3	ARDUINO UNO   DATASHEET
Lampiran 4	SENSOR SHT 11   DATASHEET





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Semut rangrang (*Oecophylla smaragdina*) merupakan semut dengan ukuran cukup besar yang memiliki kemampuan dalam membentuk anyaman untuk sarangnya. Dalam bahasa Inggris ia disebut *weaver ant* (semut penganyam). Serangga ini bersifat teritorial sehingga banyak petani memanfaatkannya sebagai pengendali hama seperti ulat pemakan daun, kepik hijau, dan serangga pemakan buah. Namun, selain sebagai agen pengendali hayati semut rangrang juga mempunyai nilai ekonomis yang tinggi, yaitu sebagai penghasil kroto (larva semut rangrang) yang digunakan para penghobi burung sebagai pakan ternaknya. Selama ini kebutuhan kroto masih mengandalkan tangkapan secara tradisional di alam bebas. Pencarian kroto di alam tidak selamanya memenuhi kebutuhan masyarakat terutama saat musim penghujan sedangkan permintaan di pasaran sangat tinggi, dengan demikian tidak salah jika permintaan sangat banyak dan jumlah kroto yang ada di pasaran habis dengan cepat (Prayoga, 2013).

Pencarian kroto di alam bebas tidak memberikan hasil yang menentu karena tergantung dari jumlah sarang di alam dan cuaca, membuat beberapa orang melihat peluang dengan membudidayakan semut rangrang, sehingga dengan budidaya ini dapat memenuhi kebutuhan kroto di pasaran. Dalam budidaya semut rangrang ini sangat bergantung dengan keadaan tempat tinggal yaitu suhu dan kelembaban yang dibutuhkan untuk keberhasilan pembentukan larva (kroto) adalah suhu dalam sarang (24 - 27)°C dan tingkat kelembaban (70-80)% (Prayoga, 2014).

Dalam budidaya semut rangrang peternak mengalami kesulitan dalam menjaga suhu dalam ruang budidaya disaat pergantian musim terutama di daerah yang mempunyai cuaca panas seperti kabupaten Lamongan dan sekitarnya, cara konvensional yaitu dengan membuka ventilasi dan menyemprotkan air dua kali sehari, Dengan fluktuasi suhu dan kelembaban yang tinggi akan menyebabkan banyak semut dan kroto (larva) yang mati dan resiko gagal panen akan meningkat.

Kontrol logika *fuzzy* merupakan metode yang memiliki keunggulan dalam mengontrol sistem yang memiliki dua atau lebih masukan dan keluaran. Di dalam ruang

budidaya variable yang di kontrol adalah suhu dan kelembaban udara, sehingga dalam skripsi ini digunakan metode kontrol logika *fuzzy*.

### 1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian pada latar belakang, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membuat sistem pengontrolan suhu dan kelembaban ruang budidaya semut rangrang dengan kontrol logika *fuzzy*?
2. Bagaimana merancang miniatur alat pengontrol suhu dan kelembaban pada budidaya semut rangrang?

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam perancangan alat, adapun masalah-masalah yang dibatasi adalah sebagai berikut:

1. Alat yang digunakan merupakan sebuah miniatur dengan ukuran  $P \times L \times T$  ( $1 \times 0,5 \times 0,5$ ) meter.
2. Miniatur alat diasumsikan berada dalam suhu kamar.
3. Kinerja driver dan rangkaian elektrik tidak dibahas mendalam.
4. Di dalam alat ini tidak ada *heater* untuk menaikkan suhu ketika suhu di bawah  $25^{\circ} \text{C}$  dan menurunkan kelembaban udara di atas 80%.

### 1.4 Tujuan

Mempermudah kinerja peternak dan mengoptimalkan hasil panen kroto dengan merancang suatu alat pengatur suhu dan kelembaban yang optimal menggunakan kontrol logika *fuzzy*.

### 1.5 Sistematika Penulisan

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

## BAB I Pendahuluan

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

## BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori dasar yang berisi tentang penjelasan kontrol logika *fuzzy*, sensor SHT 11, Arduino Uno, motor DC, dan semut rangrang.

### **BAB III Metodologi Penulisan**

Menjelaskan tentang metodologi penelitian yang terdiri atas studi literatur, perancangan alat, pembuatan alat, pengujian alat, serta pengambilan kesimpulan dan saran.

### **BAB IV Pengujian dan Analisis**

Membahas hasil pengujian alat dan analisa sistem yang sudah dibuat, serta analisis hasil yang diperoleh secara keseluruhan.

### **BAB V Kesimpulan dan Saran**

Menjelaskan tentang pengambilan kesimpulan sesuai dengan hasil pengujian alat yang sesuai dengan tujuan dan rumusan masalah, serta pemberian saran untuk pengembangan selanjutnya.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kontrol Logika *fuzzy*

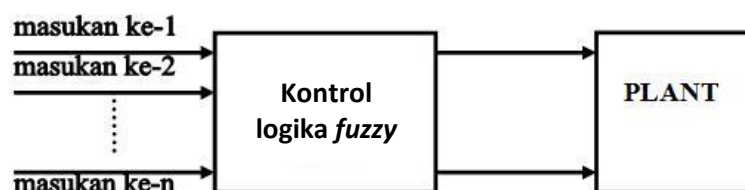
*Fuzzy* secara harfiah berarti samar, sedangkan kebalikannya dalam hal ini adalah *crisp* yang secara harfiah berarti tegas. Dalam kehidupan sehari-hari nilai samar lebih akrab daripada nilai tegas. Temperatur tertentu biasa dinyatakan sebagai panas, agak panas, atau sangat dingin dari pada dinyatakan 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 kontrol yang bersifat tak linier, sulit dimodelkan, berubah karakteristiknya terhadap waktu (*time varying*) dan kompleks (Sivanandam, 2006).

##### 2.1.1 Struktur Dasar Kontrol Logika *fuzzy*

Dalam sistem pengontrolan dengan logika *fuzzy* dilibatkan suatu blok pengontrol yang menerima satu atau lebih masukan dan mengumpankan satu atau lebih keluaran ke *plant* atau blok lain sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kontrol Logika *fuzzy*  
(Sumber : Coughanowr,1991)

Komponen utama penyusun kontrol logika *fuzzy* adalah unit fuzzifikasi, *fuzzy inference*, dan unit defuzzifikasi. Basis pengetahuan terdiri dari dua jenis (Yan, 1994).

### 2.1.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan menotasikan nilai kebenaran anggota-anggota himpunan *fuzzy*. Interval nilai yang digunakan untuk menentukan fungsi keanggotaan, yaitu nol dan satu. Tiap fungsi keanggotaan memetakan elemen himpunan *crisp* ke semesta himpunan *fuzzy*.

Suatu himpunan *fuzzy*  $A$  dalam semesta pembicaraan  $U$  dinyatakan dengan fungsi keanggotaan,  $\mu_A$  yang harganya berada dalam interval  $[0,1]$ . Secara matematika hal ini dinyatakan dengan :

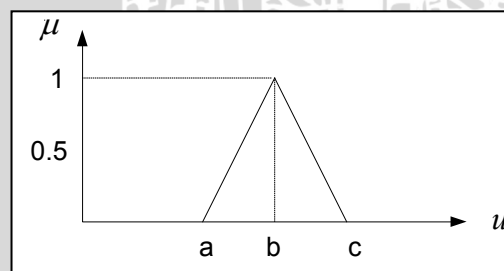
$$\mu_A : U \rightarrow [0,1] \text{ (Kuswadi, 2000)} \quad (2-1)$$

#### 1 Fungsi keanggotaan bentuk Triangular

Definisi fungsi triangular sebagai berikut:

$$T(u; a, b, c) = \begin{cases} 0 & u < a \\ \frac{u-a}{b-a} & a \leq u \leq b \\ \frac{c-u}{c-b} & b \leq u \leq c \\ 0 & u > c \end{cases} \quad (2-2)$$

Fungsi keanggotaan bentuk Triangular ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Fungsi Keanggotaan Bentuk Triangular

(Sumber : Yan, 1994)

Fungsi keanggotaan bentuk triangular ini digunakan bila diinginkan himpunan *fuzzy* mempunyai nilai proporsional terhadap nol maupun satu.

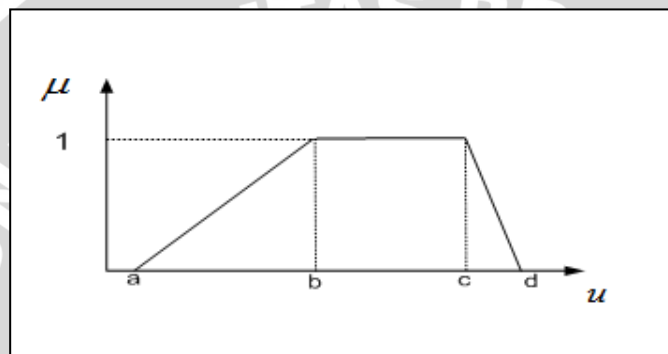


## 2 Fungsi keanggotaan bentuk Trapesium

Definisi fungsi trapesium sebagai berikut:

$$T(u; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & u < a \\ \frac{u-a}{b-a} & a \leq u \leq b \\ 1 & b \leq u \leq c \\ \frac{d-u}{d-c} & c \leq u \leq d \\ 0 & d \leq u \end{cases} \quad (2-3)$$

Fungsi keanggotaan bentuk Trapesium ditunjukkan pada Gambar 2.3



**Gambar 2.3** Fungsi Keanggotaan Bentuk Trapesium  
(Sumber : Yan, 1994)

### 2.1.3 Kontroler logika *fuzzy*

Kontroler logika *fuzzy* adalah sistem berbasis aturan (*rule based sistem*) yang didalamnya terdapat himpunan aturan *fuzzy* yang mempresentasikan mekanisme pengambilan keputusan. Aturan yang dibuat digunakan untuk memetakan variabel *input* ke variabel *output* dengan pernyataan *If - Then*.

Kontroler ini akan menggunakan data tertentu (*crisp*) dari sejumlah sensor kemudian mengubahnya menjadi bentuk linguistik atau fungsi keanggotaan melalui proses fuzzifikasi. Lalu dengan aturan *fuzzy*, *inference engine* yang akan menentukan hasil keluaran *fuzzy*. Setelah itu hasil ini akan diubah kembali menjadi bentuk numerik melalui proses defuzzifikasi.

### 2.1.3.1 Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah variabel non *fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Nilai masukan-masukan yang masih dalam bentuk variabel numerik yang telah dikuantisasi sebelum diolah oleh pengontrol logika *fuzzy* harus diubah terlebih dahulu ke dalam variabel *fuzzy*. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun, maka dari nilai-nilai masukan tersebut menjadi informasi *fuzzy* yang berguna nantinya untuk proses pengolahan secara *fuzzy* pula. Proses ini disebut fuzzifikasi (Yan, 1994).

Proses fuzzifikasi diekspresikan sebagai berikut:

$$x = \text{fuzzifier}(x_0)$$

dengan:

$x_0$  = nilai *crisp* variabel masukan

$x$  = himpunan *fuzzy* variabel yang terdefinisi

*fuzzifier* = operator fuzzifikasi yang memetakan himpunan *crisp* ke himpunan *fuzzy*

Pedoman memilih fungsi keanggotaan untuk proses fuzzifikasi, menurut Jun Yan, menggunakan :

1. Himpunan *fuzzy* dengan distribusi simetris.
2. Gunakan himpunan *fuzzy* dengan jumlah ganjil, berkaitan erat dengan jumlah kaidah (*rules*).
3. Mengatur himpunan *fuzzy* agar saling menumpuk.
4. Menggunakan fungsi keanggotaan bentuk segitiga atau trapesium.

### 2.1.3.2 Kaidah Aturan *Fuzzy* (*Fuzzy Rule*)

*Fuzzy rule* adalah bagian yang menggambarkan dinamika suatu sistem terhadap masukan yang dikarakteristikan oleh sekumpulan variabel-variabel linguistik dan berbasis pengetahuan seorang operator ahli. Pernyataan tersebut umumnya dinyatakan oleh suatu pernyataan bersyarat.

Dalam kontroler berbasis *fuzzy*, aturan pengontrolan *fuzzy* berbentuk aturan “IF – THEN”. Untuk sebuah sistem *Multi Input Single Output* (MISO) basis aturan pengontrolan *fuzzy* berbentuk seperti berikut ini,

Rule 1 IF X is  $A_1$  AND Y is  $B_1$  THEN Z is  $C_1$

Rule 2 IF X is  $A_2$  AND Y is  $B_2$  THEN Z is  $C_2$

⋮  
⋮  
⋮

Rule n IF X is  $A_n$  AND Y is  $B_n$  THEN Z is  $C_n$

Dengan X, Y, Z merupakan variabel linguistik, dimana X dan Y merupakan variabel masukan, dan Z merupakan variabel keluaran sistem.  $A_n$ ,  $B_n$ , dan  $C_n$  merupakan nilai linguistik dari X, Y, dan Z (Lee, 1990).

### 2.1.3.3 Metode Inferensi MAX-MIN

Metode inferensi merupakan proses untuk mendapatkan keluaran dari suatu kondisi masukan dengan mengikuti aturan-aturan yang telah ditetapkan. Keputusan yang didapatkan pada proses ini masih dalam bentuk *fuzzy* yaitu derajat keanggotaan keluaran.

Pada metode Max–Min aturan operasi minimum Mamdani digunakan untuk implikasi *fuzzy*. Persamaan aturan minimum adalah

$$\mu_{C_i} = \bigcup_1^n \alpha_i \wedge \mu_{C_i} \quad (2-4)$$

dengan  $\alpha_i = \mu_{A_i}(x_0) \wedge \mu_{B_i}(y_0)$

Sebagai contoh, terdapat dua basis kaidah atur *fuzzy*, yaitu :

$R_1$  : Jika x adalah  $A_1$  dan y adalah  $B_1$  maka z adalah  $C_1$

$R_2$  : Jika x adalah  $A_2$  dan y adalah  $B_2$  maka z adalah  $C_2$

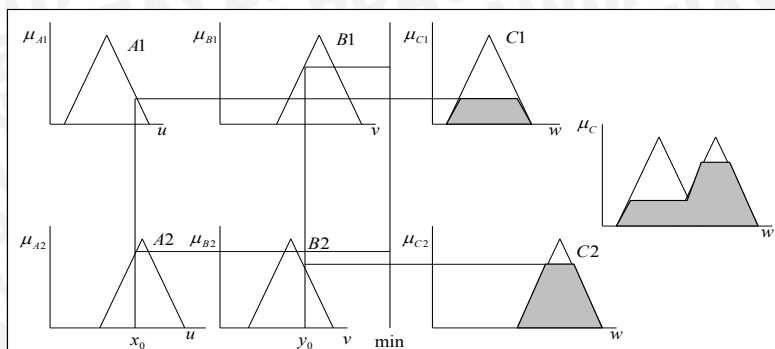
Pada metode penalaran MAX-MIN fungsi keanggotaan konsekuen dinyatakan dengan

$$\mu_{C_1}(W) = \mu_{C_1} \vee \mu_{C_2} = [\alpha_1 \wedge \mu_{C_1}(w)] \vee [\alpha_2 \wedge \mu_{C_2}(w)] \quad (2-5)$$

$$\text{dimana } \alpha_1 = \mu_{A_1}(x_0) \wedge \mu_{B_1}(y_0) \quad (2-6)$$

$$\alpha_2 = \mu_{A_2}(x_0) \wedge \mu_{B_2}(y_0) \quad (2-7)$$

Lebih jelas metode ini dideskripsikan dalam Gambar 2.4



**Gambar 2.4** Inferensi Fuzzy dengan Metode MAX-MIN

(Sumber : Yan, 1994)

### 2.1.3.4 Metode Defuzzifikasi Center Of Gravity (COG)

Defuzzifikasi adalah proses untuk mendapatkan nilai numerik dari data *fuzzy* yang dihasilkan dari proses inferensi (Yan, 1994).

Proses defuzzifikasi dinyatakan sebagai berikut :

$$y_0 = \text{defuzzifier}(y) \quad (2-8)$$

dengan:

$y$  : aksi kontrol *fuzzy*

$y_0$  : aksi kontrol *crisp*

*defuzzifier* : operator defuzzifikasi

Metode (*Center Of Gravity*)

Metode ini didefinisikan sebagai berikut:

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n w_i u_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2-9)$$

dengan:

$U$  = Keluaran

$w_i$  = Bobot nilai benar  $w_i$

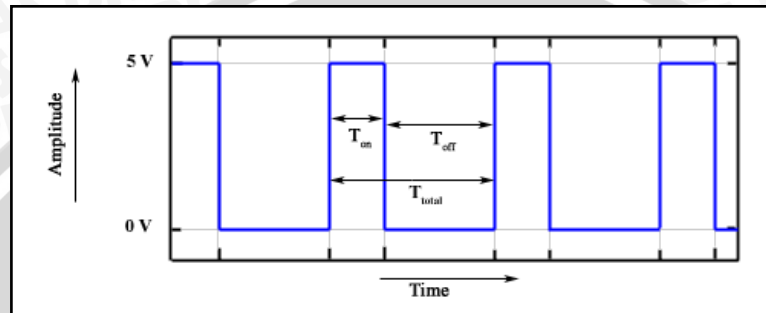
$u_i$  = Nilai linguistik pada fungsi keanggotaan keluaran

$n$  = Banyak derajat keanggotaan

## 2.2 PWM (Pulse Width Modulation)

PWM (*Pulse Width Modulation*) digunakan untuk mengatur kecepatan dari motor DC. Kecepatan motor DC tergantung pada besarnya *duty cycle* yang diberikan pada motor DC tersebut.

Pada sinyal PWM, frekuensi sinyal konstan sedangkan *duty cycle* bervariasi dari 0% - 100%. Dengan mengatur *duty cycle* akan diperoleh keluaran yang diinginkan. Sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) secara umum dapat dilihat dalam Gambar 2.5 berikut:



**Gambar 2.5** Sinyal PWM Secara Umum

(Sumber: electronics-scheme.com)

$$Duty\ cycle = \frac{T_{on}}{T} \times 100\% \dots (\%) \quad (2-10)$$

Dengan:

$T_{on}$  = Periode logika tinggi

$T$  = Periode keseluruhan

$$V_{dc} = Duty\ cycle \times V_{cc} \dots (V) \quad (2-11)$$

Sedangkan frekuensi sinyal dapat ditentukan dengan rumus berikut:

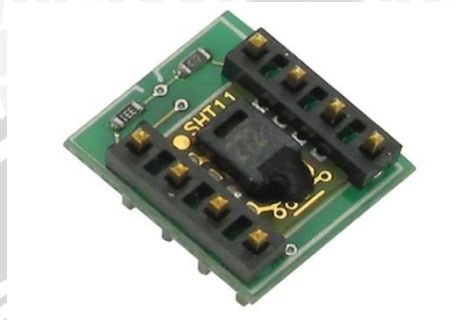
$$f_{on} = \frac{f_{clk}/O}{N.256} \dots (Hz) \quad (2-12)$$

## 2.3 Sensor SHT 11

Sensor suhu dan kelembaban adalah peralatan yang digunakan untuk merubah besaran panas menjadi besaran listrik yang nantinya dapat dianalisis hasil besarnya dari suhu yang dikeluarkan oleh suatu tempat yang dipantau keadaan suhunya oleh sensor suhu itu.

SHT11 adalah sensor digital untuk temperatur sekaligus kelembaban pertama didunia yang diklaim oleh pabrik pembuatnya yaitu Sensirion Corp yang mempunyai kisaran pengukuran dari 0-100% RH dan akurasi RH absolut +/- 3% RH. Sedangkan

akurasi pengukuran temperatur  $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$  pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$ . Modul sensor ini sudah memiliki keluaran digital dan sudah terkalibrasi, jadi pengguna tidak perlu lagi melakukan konversi A/D ataupun kalibrasi data sensor. Antarmuka modul ini adalah serial 2-wire (bukan I2C) sehingga sangat menghemat jalur I/O kontroler. Adapun bentuk umum dari sensor SHT11 ditunjukkan pada gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Sensor Temperature/Humidity Sensor - SHT11

(Sumber: [www.adafruit.com](http://www.adafruit.com))

### 2.3.1 Prinsip Kerja Sensor SHT 11

SHT11 adalah sebuah single chip sensor suhu dan kelembaban relatif dengan multi modul sensor yang outputnya telah dikalibrasi secara digital. Dibagian dalamnya terdapat kapasitas polimer sebagai elemen untuk sensor kelembaban relatif dan sebuah pita regangan yang digunakan sebagai sensor temperatur. Output kedua sensor digabungkan dan dihubungkan pada ADC 14 bit dan sebuah interface serial pada satu chip yang sama. Sensor ini menghasilkan sinyal keluaran yang baik dengan waktu respon yang cepat. SHT11 ini dikalibrasi pada ruangan dengan kelembaban yang teliti menggunakan hygrometer sebagai referensinya. Koefisien kalibrasi telah diprogramkan kedalam OTP memory. Koefisien tersebut akan digunakan untuk mengkalibrasi keluaran dari sensor selama proses pengukuran. Sistem sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban adalah SHT11 dengan sumber tegangan 5 Volt, sistem sensor ini mempunyai 1 jalur data yang digunakan untuk perintah pengalamatan dan pembacaan data. Pengambilan data untuk masing-masing pengukuran dilakukan dengan memberikan perintah pengalamatan oleh mikrokontroler komunikasi yang digunakan menggunakan antarmuka two-wire serial.

## 2.4 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya.

Uno berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI driver USB-to-serial. Bentuk umum dari arduino Uno ditunjukkan dalam gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Tampak depan Arduino Uno

Nama “Uno” berarti *satu* dalam bahasa Italia, untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Uno dan versi 1.0 akan menjadi versi referensi dari Arduino. Uno adalah yang terbaru dalam serangkaian board USB Arduino, dan sebagai model referensi untuk platform Arduino, untuk perbandingan dengan versi sebelumnya.

### 2.4.1 Daya

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal (otomatis). Eksternal (non-USB) daya dapat berasal baik dari AC-ke adaptor-DC atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan menancapkan plug jack pusat-positif ukuran 2.1mm konektor POWER. Ujung kepala dari baterai dapat dimasukkan kedalam Gnd dan Vin pin header dari konektor POWER. Kisaran kebutuhan daya yang disarankan untuk board Uno adalah 7 sampai dengan 12 volt, jika diberi daya kurang dari 7 volt kemungkinan pin 5v Uno dapat beroperasi tetapi tidak stabil kemudian jika diberi daya lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan dapat merusak board Uno.

Pin listrik adalah sebagai berikut :

VIN. Tegangan masukan kepada board Arduino ketika itu menggunakan sumber daya eksternal (sebagai pengganti dari 5 volt koneksi USB atau sumber daya lainnya). 5V. Catu daya digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lainnya. Sebuah pasokan 3,3 volt dihasilkan oleh regulator on-board.

GND. Ground pin.

#### 2.4.2 Memori

ATmega328 memiliki 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk bootloader), 2 KB dari SRAM dan 1 KB EEPROM

#### 2.4.3 Input dan Output

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

*Serial* : 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) TTL data serial. Pin ini dihubungkan ke pin yang berkaitan dengan chip Serial ATmega8U2 USB-to-TTL.

*Eksternal menyela* : 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interrupt pada nilai yang rendah, dengan batasan tepi naik atau turun, atau perubahan nilai.

*PWM* : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan output PWM 8-bit dengan fungsi *analogWrite ()*.

*SPI* : 10 (SS), 11 (Mosi), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan *SPI library*.

*LED* : 13. Ada built-in LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai nilai HIGH, LED on, ketika pin bernilai LOW, LED off.

Uno memiliki 6 masukan analog, berlabel A0 sampai dengan A5, yang masing-masing menyediakan 10 bit dengan resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

*I2C* : A4 (*SDA*) dan A5 (*SCL*). Dukungan I2C (TWI) komunikasi menggunakan perpustakaan Wire.



*Aref* : Tegangan referensi (0 sampai 5V saja) untuk input analog. Digunakan dengan fungsi (*analog Reference*).

*Reset* : Bawa baris ini LOW untuk me-reset mikrokontroler.

#### 2.4.4 Komunikasi

Arduino Uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan UART TTL (5V) untuk komunikasi serial, yang tersedia di pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah ATmega8U2 sebagai saluran komunikasi serial melalui USB dan sebagai port virtual com untuk perangkat lunak pada komputer. Firmware '8 U2 menggunakan driver USB standar COM, dan tidak ada driver eksternal yang diperlukan. Namun, pada Windows diperlukan, sebuah file inf. Perangkat lunak Arduino terdapat monitor serial yang memungkinkan digunakan memonitor data tekstual sederhana yang akan dikirim ke atau dari board Arduino. LED RX dan TX di papan tulis akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dengan koneksi USB ke komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1).

Sebuah *software Serial library* memungkinkan untuk berkomunikasi secara serial pada salah satu pin digital pada *board Uno's*. ATmega328 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan kawat untuk menyederhanakan penggunaan bus I2C.

#### 2.5 Motor DC

Prinsip kerja motor DC sesuai dengan hukum kemagnetan Lorentz, yaitu membangkitkan fungsi magnet pada suatu konduktor berarus dalam medan magnet sehingga timbul ggl induksi. Setiap arus yang mengalir melalui sebuah konduktor akan menimbulkan medan magnet. Arah medan magnet dapat ditentukan dengan kaidah tangan kiri.

Kaidah tangan kiri untuk motor menunjukkan arah arus yang mengalir didalam sebuah konduktor yang berada dalam medan magnet. Jari tengah menunjukkan arah arus yang mengalir pada konduktor, jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet dan ibu jari menunjukkan arah medan putar. Adapun besarnya gaya yang bekerja pada konduktor tersebut dapat dirumuskan dengan :

$$F = B \cdot I \cdot L \text{ (Newton)}$$

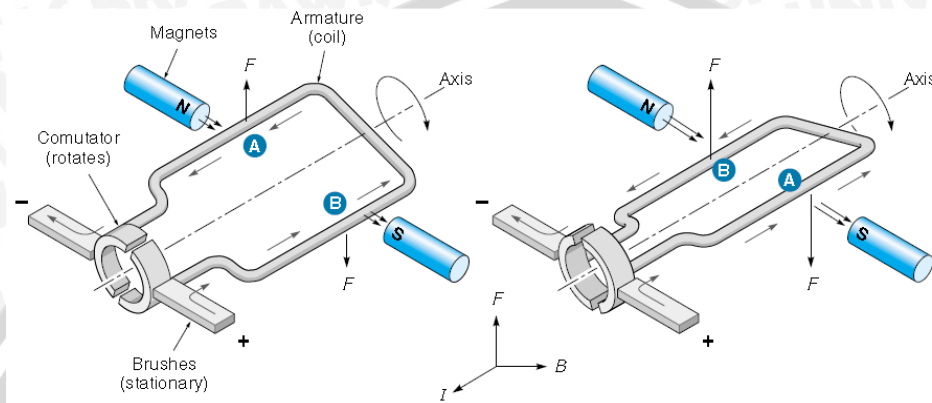
Dimana :

B = kerapatan fluks magnet (weber)

L = panjang konduktor (meter)

I = arus listrik (ampere)

(Soemarwanto,1999)



**Gambar 2.8** Ilustrasi cara kerja motor DC

(Sumber : Kilian, 1996)

Gambar 2.8 adalah ilustrasi cara kerja motor DC yang mempunyai satu lilit kawat a-b berada di dalam medan magnet. Lilitan ini dapat berputar dengan bebas, lilitan ini biasa disebut dengan jangkar (*armature*).

Pada jangkar diberikan arus yang berasal dari sumber yang terhubung dengan sikat (*brushes*). Sikat-sikat ini terpasang pada sebuah cincin yang terbelah dua, yang disebut cincin belah (*commutator*). Adapun tujuan dari konstruksi ini adalah agar lilitan kawat dapat berputar apabila ada arus listrik yang melewatinya.

Pada kawat yang berada di kanan arus mengalir dari depan ke belakang. Pada kawat yang berada di bagian kiri, arus mengalir dari belakang ke depan kawat a dan b secara bergantian berada di kiri dan kanan. Karena itu arah arus di a dan arah arus di b selalu bersifat bolak-balik. Pembalikan arah arus itu terjadi pada saat lilitan kawat melintasi posisi vertikal.

Bagian *commutator* berfungsi sebagai penyearah mekanik. Fluksi magnet yang ditimbulkan magnet permanen disebut medan magnet motor. Dalam gambar 2.8 arah *fluks* magnetik adalah dari kiri ke kanan. Adapun gaya yang bekerja pada penghantar b adalah ke atas, sementara gaya yang bekerja pada penghantar a adalah ke bawah. Gaya-gaya yang bekerjasama kuatnya, sehingga terdapat kopel yang bekerja pada kawat sehingga lilitan

jangkar dapat berputar. Setelah berputar 180° arah arus berbalik, pada saat itu penghantar a dan b bertukar tempat. Akibatnya arah gerak putaran tidak berubah.

## 2.6 Semut Rangrang (*Oecophylla smaragdina*)

Semut merupakan salah satu kelompok hewan yang dikatakan sebagai indikator hayati, sebagai alat monitoring perubahan kualitas lingkungan dan penentuan kawasan konservasi. Salah satu jenis semut yang banyak digunakan dalam mengendalikan hama pertanian antara lain jenis semut rangrang (*Oecophylla smaragdina*). *Oecophylla smaragdina* adalah semut yang dominan di hutan terbuka dari India, Australia, Cina dan Asia Tenggara. Dalam gambar 2.9 merupakan salah satu jenis semut pekerja betina yang berasal dari Asia Tenggara.



**Gambar 2.9** Semut Rangrang (*Oecophylla smaragdina*)

Semut rangrang (*Oecophylla smaragdina*) merupakan serangga *eusosial* (sosial sejati), dan kehidupan koloninya sangat tergantung pada keberadaan pohon (*arboreal*). Seperti halnya jenis semut lainnya, semut rangrang memiliki struktur sosial yang terdiri atas: Ratu; betina, berukuran 20-25mm, berwarna hijau atau coklat, bertugas untuk menelurkan bayi-bayi semut. Pejantan bertugas mengawini ratu semut, dan ketika ia selesai mengawini ratu semut ia akan mati. Pekerja betina, berukuran 5-6mm, berwarna orange dan terkadang kehijauan, bertugas mengasuh semut-semut muda yang dihasilkan semut ratu. Prajurit; betina, berukuran 8-10mm, umumnya berwarna oranye, memiliki kaki panjang yang kuat, antena panjang dan rahang besar, bertugas menjaga sarang dari gangguan pengacau, mencari dan mengumpulkan makanan untuk semua koloninya serta membangun sarang di pohon-pohon atau di daun.

Semut rangrang, selalu ditemukan dalam kelompok besar atau koloni. Dalam setiap koloni bisa terdapat hingga setengah juta ekor semut. Satu koloni semut terdiri dari

beberapa sarang. Setiap sarang dihuni oleh sekitar 4.000-5.000 ekor semut, tergantung ukurannya.

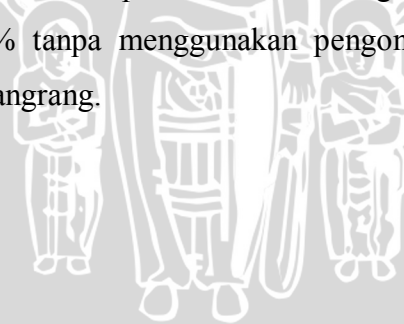
Daerah kekuasaan koloni semut rangrang bisa mencapai luasan 1000 m<sup>2</sup>. Semut rangrang merupakan jenis hewan teritorial yang sangat mempertahankan daerahnya. Apapun yang mengganggu daerah kekuasaannya bisa dijadikan santapan koloni.

Semut rangrang membangun sarangnya dari daun-daunan yang dianyam sedemikian rupa. Oleh karena itu disebut juga sebagai semut penganyam. Pohon yang disukai semut rangrang memiliki daun yang lentur dan lebar, atau daun yang kecil-kecil namun rimbun.

Pada awal proses pengembangbiakan semut betina akan menempatkan telur didalam sarangnya, telurnya sanyat kecil berukuran kira-kira 0,5mm-1mm. telur menetas menjadi larva dengan ukuran 5-10 kali lebih besar, selama masa pertumbuhannya larva beberapa kali mengalami ganti kulit sampai akhirnya berkembang menjadi pupa.

Proses pembentukan kroto berawal dari telur yang masih berupa cairan yang dihasilkan oleh semut ratu dan betina. Proses dari telur menjadi larva memerlukan waktu 3-5 hari, kondisi inilah yang mempunyai resiko untuk mengalami kegagalan, factor yang dapat menyebabkan kegagalan pembentukan larva adalah suhu, suhu dalam ruangan harus berada di kisaran 24-27°C dengan kelembaban antara 70-80%(Prayoga, 2014).

Keadaan diatas akan sulit di dapat di daerah dengan suhu yang tinggi dan kelembaban udara dibawah 70% tanpa menggunakan pengontrol suhu ruangan sesuai dengan kebutuhan hidup semut rangrang.



## BAB III

### METODE PENELITIAN

Skripsi ini merupakan penelitian yang bersifat aplikatif, sehingga untuk menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan alat yang telah dirancang, maka langkah-langkah yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Spesifikasi alat
2. Perancangan dan realisasi pembuatan alat
3. Pengujian alat
4. Pengambilan kesimpulan

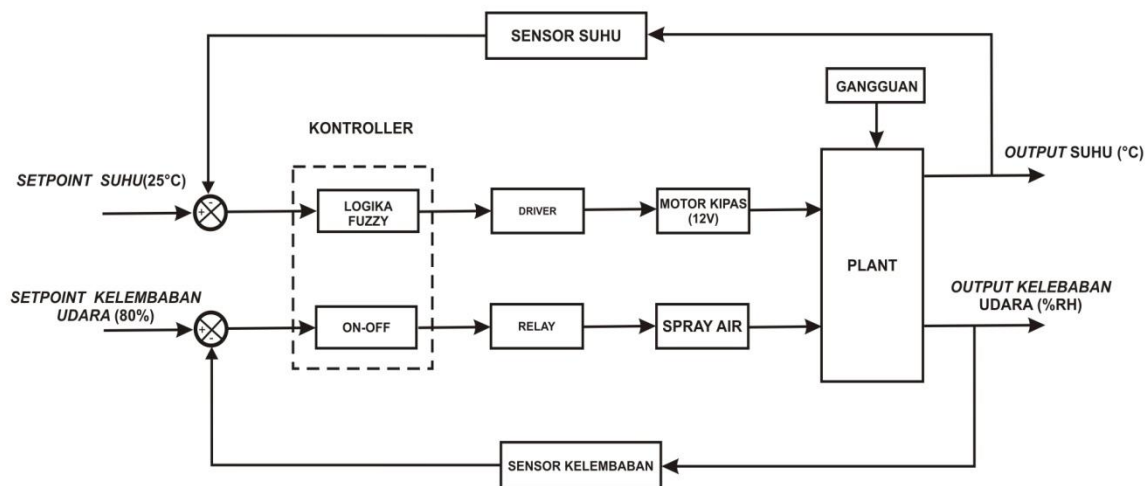
#### 3.1 Spesifikasi alat

Spesifikasi alat yang dirancang adalah:

1. Sistem pengontrol suhu dan kelembaban menggunakan kotak kayu dengan ukuran  $P \times L \times T$  ( $1 \times 0,5 \times 0,5$ ) meter.
2. Sistem pendingin pada *plant* menggunakan motor DC 12V.
3. Sensor suhu dan kelembaban yang digunakan untuk mengetahui suhu dan kelembaban di dalam kotak kayu menggunakan sensor SHT11.
4. Menggunakan *arduino uno* sebagai pengontrol utama jalannya proses pengontrolan suhu dan kelembaban.
5. Menggunakan LCD 16x2 sebagai *display* atau penampil data suhu kepada *user*.

#### 3.2 Perancangan Blok Diagram Sistem

Pada perancangan alat diperlukan perancangan blok diagram sistem yang dapat menjelaskan sistem secara garis besar dan diharapkan alat dapat bekerja sesuai dengan rencana. Adapun diagram blok secara umum ditunjukkan dalam gambar 3.1.

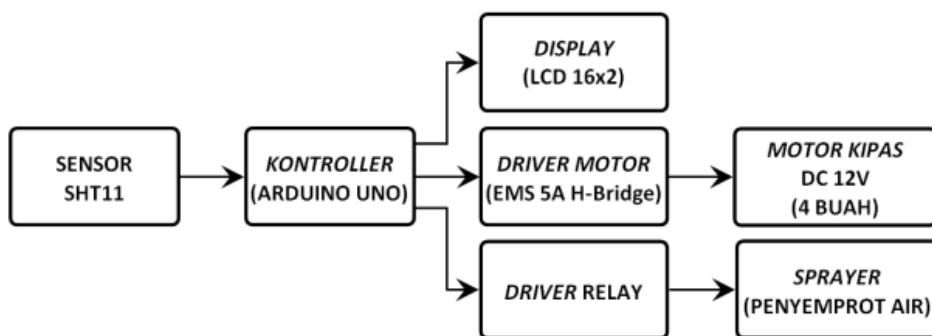


**Gambar 3.1** Blok Diagram Sistem secara umum

Keterangan diagram blok sistem dalam gambar 3.1 adalah sebagai berikut:

1. *Setpoint* berupa nilai parameter suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan kelembaban (%RH) yang sudah ditentukan nilainya.
2. Sinyal *feedback* dari sensor berupa nilai suhu dan kelembaban (PV). Pembacaan sensor SHT11 yang diumpam balikkan.
3. *Error* berupa simpangan antara suhu (PV) dengan nilai acuan (SP).
4. Metode kontrol yang digunakan adalah *Fuzzy* dengan menggunakan *arduino uno* sebagai pengontrol utama.
5. Sensor yang digunakan adalah sensor suhu dan kelembaban SHT11.
6. Aktuator berupa motor DC kipas dan *Spray* penyemprot air.
7. *Plan* berupa suhu dan kelembaban ruang.
8. *Output* berupa nilai PWM yang berfungsi untuk mengatur kecepatan motor DC Kipas untuk mengatur suhu ruang dan *On-Off Spray* penyemprot air untuk mengatur kelembaban ruang.

Adapun blok diagram sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Diagram Blok Sistem Secara Keseluruhan

### 3.2.1 Prinsip Kerja

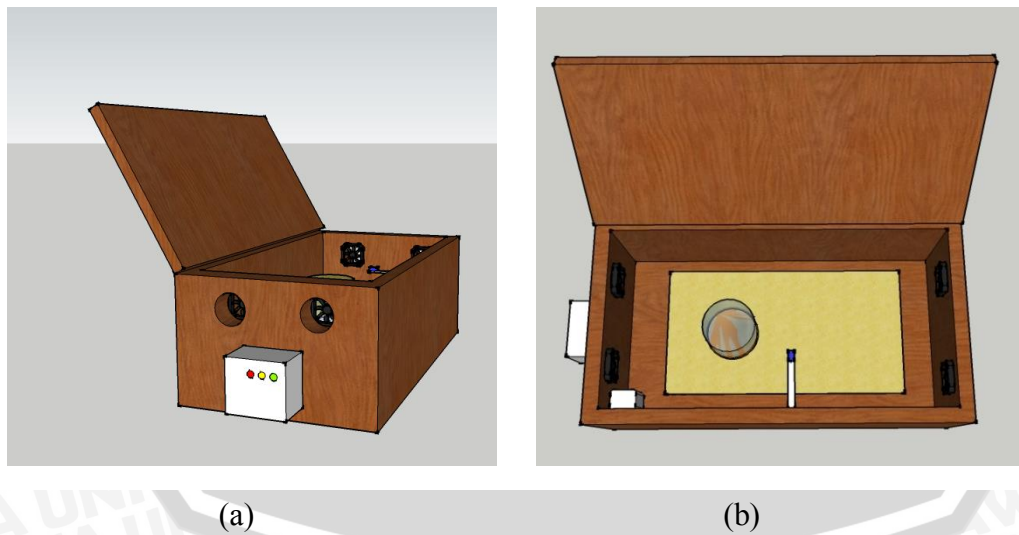
Sistem dari alat ini adalah dimulai dari pengukuran suhu dan kelembaban yang dilakukan oleh sensor SHT11. Kemudian hasil pembacaan parameter suhu dan kelembaban diumpun balikkan kepada arduino uno sebagai pengontrol utama dari alat. Hasil pembacaan suhu diproses menggunakan algoritma fuzzy, kemudian keluaran dari pemrosesan fuzzy berupa nilai PWM yang berfungsi untuk menggerakkan kipas motor DC yang berfungsi untuk mengatur suhu dalam ruangan kotak kayu. Sedangkan hasil pembacaan kelembaban oleh sensor SHT11 akan disampling setiap 10 menit. Dimana nilai kelembaban akan diproses dengan algoritma *on/off*. Keluaran dari logika *on/off* berupa aktifasi sprayer untuk mengatur kelembaban dalam ruangan kotak kayu.

### 3.3 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras terdiri dari mekanik *plan* pengontrol suhu dan kelembaban ruang budidaya kroto, *board arduino uno*, LCD 16x2, sensor suhu dan kelembaban SHT11.

#### 3.3.1 Perancangan mekanik *plant*

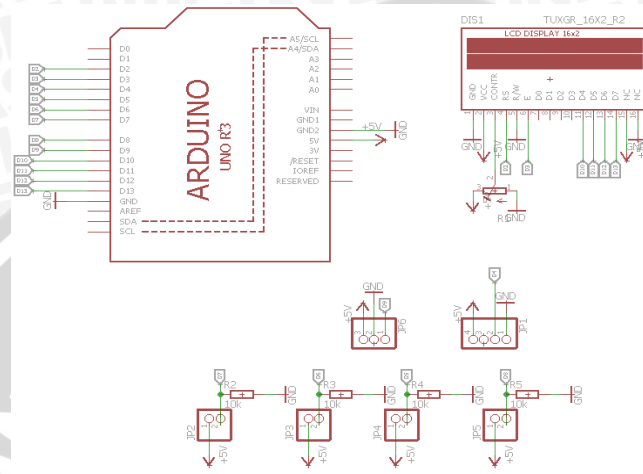
Perancangan mekanik dilakukan sebagai dasar dari komponen-komponen yang akan diletakkan. Secara umum ilustrasi mekanik *plan* sistem ditunjukkan dalam Gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Rancangan sistem *plant* pengontrol suhu dan kelembaban budidaya kroto (a) tampak samping (b) tampak atas.

### 3.3.2 Pembuatan Rangkaian Sistem Secara Keseluruhan

Perancangan rangkaian sistem keseluruhan bertujuan agar sistem dapat berjalan *sinkron* dengan fungsi masing-masing komponen. Yang pada akhirnya sistem dapat berjalan sesuai dengan apa yang diharapkan. Adapun rangkaian sistem keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Rangkaian sistem keseluruhan

Berdasarkan hasil perancangan rangkaian sistem keseluruhan dapat diketahui bahwa arduino uno dibagi menjadi 2 (dua) fungsi sistem, yaitu fungsi masukan dan keluaran. Pin masukan dan keluaran pada perancangan ditunjukkan dalam Tabel 3.1.

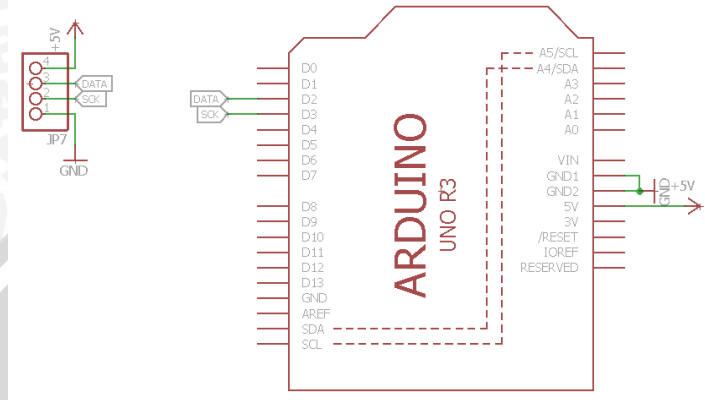
**Tabel 3.1. Fungsi Pin Arduino**

No.	Pin	Fungsi
1	D2	Pin <i>SCK</i> SHT11
2	D3	Pin <i>DATA</i> SHT11
3	D4	<i>Output</i> Pin RS LCD
4	D5	<i>Output</i> Pin E LCD
5	D6	<i>Output</i> Pin D4 LCD
6	D7	<i>Output</i> Pin D5 LCD
7	D8	<i>Output</i> Pin D6 LCD
8	D9	<i>Output</i> Pin D7 LCD
9	D10	<i>Output</i> Driver Relay
8	D11	<i>Output</i> Pwm Motor DC Kipas
11	D12	<i>Input</i> Push Button
12	D13	<i>Input</i> Push Button



### 3.3.3 Perancangan Sensor SHT11

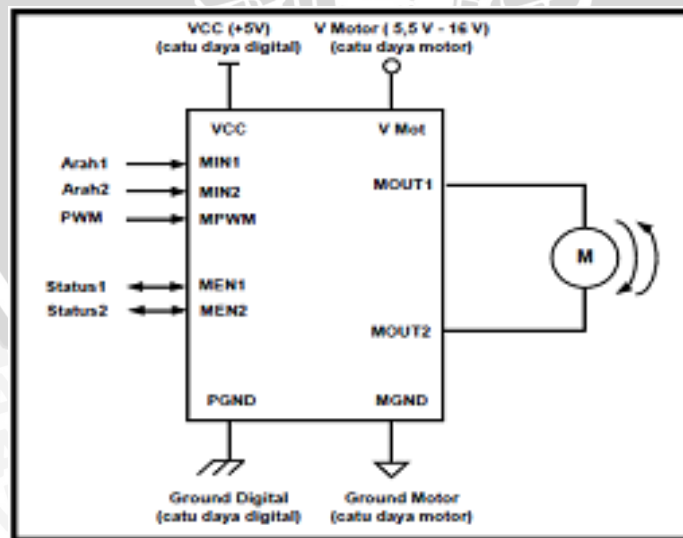
Sensor SHT11 digunakan sebagai pengukur suhu dan kelembaban. Penempatan sensor ini ditaruh didalam ruangan. Setiap perubahan suhu dan kelembaban dalam ruangan akan diukur oleh sensor SHT11. Perancangan sensor SHT11 yang dihubungkan dengan arduino uno ditunjukkan dalam Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Rangkaian sensor SHT11

### 3.3.4 Perancangan Driver Motor DC

Modul pengendali kecepatan motor DC yang digunakan adalah modul EMS 5A H-Bridge. Secara garis besar, fungsi modul pengendali motor ini adalah untuk mengendalikan arah dan kecepatan putaran motor DC sesuai instruksi kendali dari Arduino Uno. Gambar koneksi modul pengendali motor DC EMS 5A H-Bridge ditunjukkan dalam Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Koneksi Modul Driver Motor EMS 5A H-Bridge

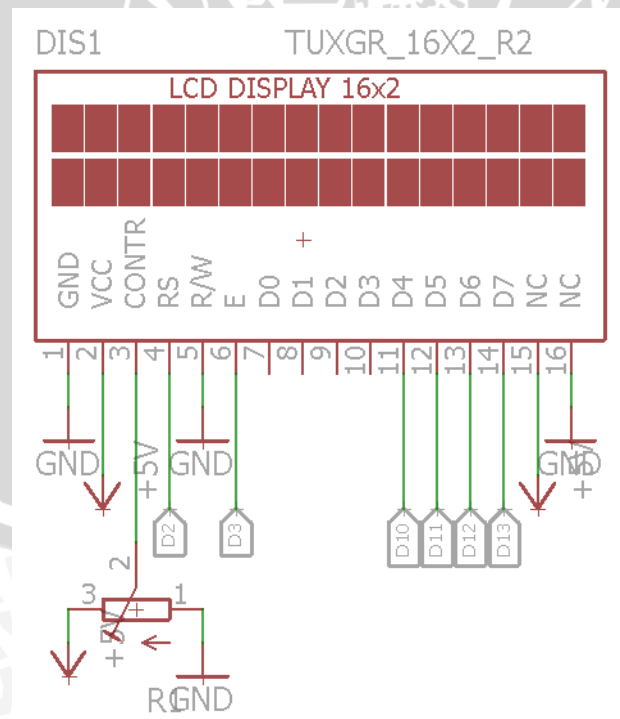
Rangkaian driver ini sanggup bekerja dengan tegangan maksimal 40 volt, serta kapasitas arus maksimum yang dapat dilewatkan pada modul ini sebesar 5 ampere. Gambar modul rangkaian driver EMS 5A H-Bridge dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Modul Driver Motor EMS 5A H-Bridge

### 3.4 Perancangan Rangkaian LCD 16x2

LCD 16x2 berfungsi untuk menampilkan karakter tulisan. Pada penelitian ini LCD 16x2 difungsikan sebagai penampil atau *display* yang digunakan untuk menampilkan data. Adapun rangkaian LCD 16x2 yang dihubungkan dengan arduino uno ditunjukkan dalam Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Rangkaian LCD 16x2

### 3.5 Perancangan Sistem Kontrol Logika Fuzzy

#### 3.5.1 Variabel Masukan dan Keluaran

Sistem kontrol logika *fuzzy* yang dikembangkan dalam penelitian ini mempunyai dua *crisp input* yaitu *error* posisi dan *delta error* posisi serta satu *crisp output* yaitu perubahan tegangan. *Error* dan  $\Delta Error$ , didefinisikan dengan perumusan sebagai berikut:

$$Error(t) = SP - PV(t) \dots \dots \dots (3-1)$$

Dimana,

*SP* = *Set point* (Nilai yang diinginkan)

*PV(t)* = *Present Value* pada waktu *t* (Nilai aktual)

$$\Delta Error(t) = Error(t) - Error(t-1) \dots \dots \dots (3-2)$$

Dimana,

*Error(t)* = *Error* pada waktu *t*

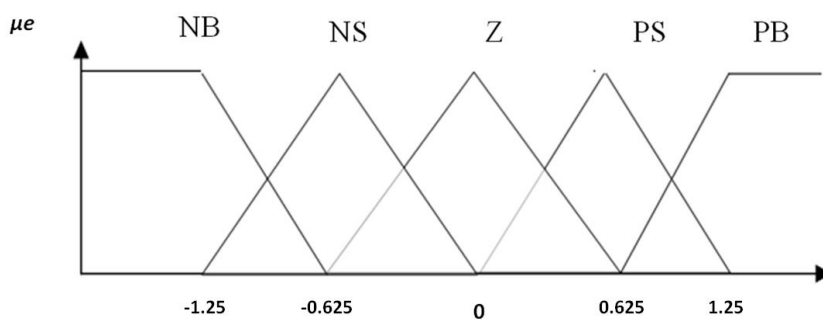
*Error(t-1)* = *Error* pada waktu (*t-1*)

#### 3.5.2 Fungsi Keanggotaan Masukan

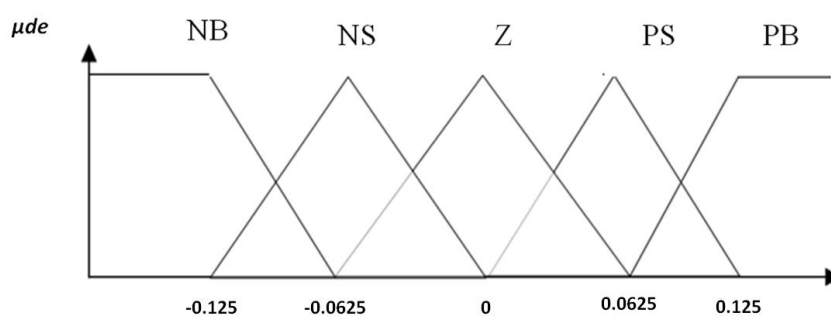
Fungsi keanggotaan dari *error* dan *delta error* terdiri dari lima label, yaitu *Negative Big* (NB), *Negative Small* (NS), *Zero* (Z), *Positive Small* (PS), *Positive Big* (PB). *Error* adalah nilai *set point* dikurangi nilai sebenarnya, sedangkan *delta error* didapat dari *error* nilai kecepatan sekarang dikurangi dengan *error* nilai kecepatan yang sebelumnya. Data masukan dari fungsi keanggotaan didapat dari nilai suhu yang dikeluarkan oleh sensor SHT11.

Label masing-masing fungsi keanggotaan masukan berjumlah 5 dengan tujuan agar rule yang dihasilkan semakin banyak. Semakin banyak rule maka semakin banyak juga kemungkinan kondisi yang tercipta untuk mencapai keluaran yang diinginkan.

Penentuan besarnya fungsi keanggotaan *error* dilakukan dengan perhitungan toleransi *error* 5% dari *set point* yang ditentukan, sedangkan untuk fungsi keanggotaan *delta error* ditentukan dari 10% fungsi keanggotaan *error*. Berikut gambar fungsi keanggotaan masukan *error* dalam gambar 3.9 dan fungsi keanggotaan masukan *delta error* dalam gambar 3.10.



Gambar 3.9 Fungsi Keanggotaan Masukan Error

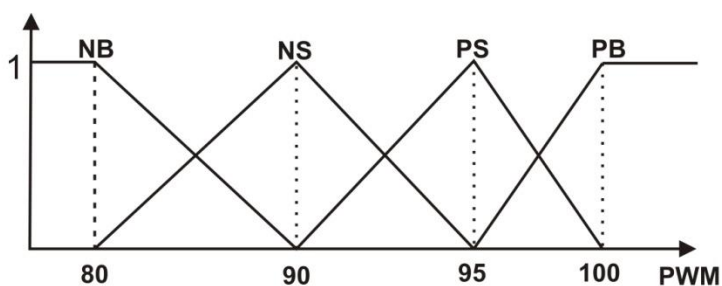


Gambar 3.10 Fungsi Keanggotaan Masukan *Delta Error*

### 3.5.3 Fungsi Keanggotaan Keluaran

Fungsi keanggotaan keluaran motor DC merupakan representasi kecepatan putaran motor Dc dan besarnya nilai PWM yang dikeluarkan oleh Arduino berupa hasil dari perhitungan Metode defuzzifikasi *Center Of Gravity* yang telah dibulatkan oleh integer di dalam pemrograman. Pemilihan defuzzifikasi sebagai penentu keluaran dipilih dengan alasan agar mempercepat eksekusi program dan kapasitas program yang ditulis tidak melebihi kapasitas memori dari Arduino sebesar 32 kilobyte.

PWM yang dikeluarkan oleh arduino antara 0-225. Dalam pemrograman PWM yang terpakai antara 80-100, dengan 80 untuk kecepatan terendah dan 100 untuk kecepatan tertinggi. Lebih jelasnya dapat dilihat dalam gambar 3.11.



Gambar 3.11 Fungsi Keanggotaan Keluaran Kecepatan

**Keterangan:**

- NB : *Negatif Big*
- NS : *Negatif Small*
- PS : *Positif Small*
- PB : *Positif Big*

### 3.5.4 Perancangan Aturan Fuzzy

*Rule* (aturan) fuzzy digunakan sebagai penentu keluaran dari fuzzifikasi yang akan diolah dalam proses defuzzifikasi, dengan jumlah rule 25 macam. *Rule* tersebut didapat dari 5 *membership function error* dan 5 *membership function delta error*. Adapun aturan Fuzzy yang digunakan dalam Tabel 3.2.

**Tabel 3.2 Aturan Fuzzy**

e de	NB	NS	Z	PS	PB
NB	PB	PB	PB	PS	PS
NS	PB	PB	PS	NS	NS
Z	PB	PS	NS	NS	NB
PS	PS	PS	NS	NB	NB
PB	PS	NS	NS	NB	NB

### 3.5.5 Metode Inferensi Min-Max

Untuk mengetahui metode ini pada sistem, perlu melakukan beberapa perhitungan pembuktian metode min-max pada sistem. Pengujian hanya dilakukan pada *set point* tertentu sebagai perwakilan atas keseluruhan sistem. Berikut hasil perhitungan dan Tabel 3.3 *set point* dan keluaran yang dihasilkan.

**Tabel 3.3 Setpoint dan Keluaran yang Dihasilkan**

Sample ke-	Setpoint	Keluaran
100	25	25,67
101	25	25,5
102	25	25,22
103	25	25,52
104	25	25,62
105	25	25,2

Perhitungan inferensi min-max pada sistem:

$$\text{Error}_{(t)} = \text{SP}_{(t)} - \text{PV}_{(t)}$$

$$\text{Delta Error}_{(t)} = \text{Error}_{(t)} - \text{Error}_{(t-1)}$$

**Keterangan :**

- Error<sub>(t)</sub> : Simpangan / kesalahan pada detik (t)
- Error<sub>(t-1)</sub> : Simpangan / kesalahan sebelum detik (t)
- SP<sub>(t)</sub> : Set point
- PV<sub>(t)</sub> : Nilai Sekarang
- Delta Error<sub>(t)</sub> : Simpangan antara error pada detik (t) dengan (t-1)

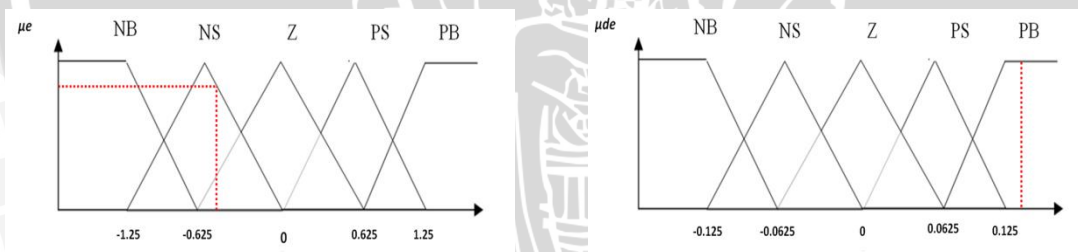
1. Inferensi Min-Max Sample ke 101

$$\begin{aligned} \text{Error}_{(t)} &= \text{SP}_{(t)} - \text{PV}_{(t)} \\ \text{Error}_{(100)} &= \text{SP} - \text{PV}_{(100)} \\ &= 25 - 25,67 \\ &= -0,67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Error}_{(t)} &= \text{SP}_{(t)} - \text{PV}_{(t)} \\ \text{Error}_{(101)} &= \text{SP} - \text{PV}_{(101)} \\ &= 25 - 25,5 \\ &= -0,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Delta Error}_{(t)} &= \text{Error}_{(t)} - \text{Error}_{(t-1)} \\ \text{Delta Error}_{(101)} &= \text{Error}_{(101)} - \text{Error}_{(100)} \\ &= -0,5 - (-0,67) \\ &= 0,17 \end{aligned}$$

Nilai derajat keanggotaan error dan delta error saat *sample* ke-101 dapat dilihat pada gambar 3.12.



**Gambar 3.12** Inferensi Min-Max Saat *Sample* ke-101

Nilai derajat keanggotaan Error:

$$\text{Error} = 0.2[\text{Z}]$$

$$\text{Error} = 0.8[\text{NS}]$$

Nilai derajat keanggotaan DelError:

$$\text{Delta Error} = 1 [\text{PB}]$$

$$\text{Delta Error} = 0 [\text{PS}]$$

Hasil :

$$\text{Error}_1 = 0.2[\text{Z}] \rightarrow \text{Del Error}_1 = 1[\text{PB}] = 0.2[\text{NS}]$$

$$\text{Error}_1 = 0.25[\text{Z}] \rightarrow \text{Del Error}_2 = 0[\text{PS}] = 0[\text{NS}]$$

$$\text{Error}_2 = 0.8[\text{NS}] \rightarrow \text{Del Error}_1 = 1[\text{PB}] = 0.8[\text{NS}]$$

$$\text{Error}_2 = 0.8[\text{NS}] \rightarrow \text{Del Error}_2 = 0[\text{PS}] = 0[\text{PS}]$$

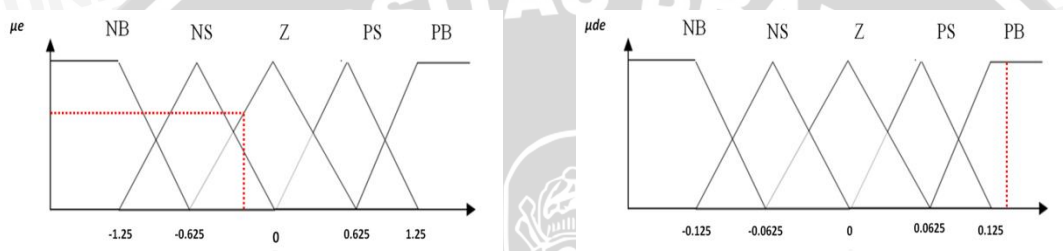
## 2. Inferensi Min-Max Sample ke 102

$$\begin{aligned} \text{Error}_{(t)} &= \text{SP}_{(t)} - \text{PV}_{(t)} \\ \text{Error}_{(101)} &= \text{SP} - \text{PV}_{(101)} \\ &= 25 - 25,5 \\ &= -0,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Error}_{(t)} &= \text{SP}_{(t)} - \text{PV}_{(t)} \\ \text{Error}_{(102)} &= \text{SP} - \text{PV}_{(102)} \\ &= 25 - 25,22 \\ &= -0,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Delta Error}_{(t)} &= \text{Error}_{(t)} - \text{Error}_{(t-1)} \\ \text{Delta Error}_{(102)} &= \text{Error}_{(102)} - \text{Error}_{(101)} \\ &= -0,22 - (-0,5) \\ &= 0,28 \end{aligned}$$

Nilai derajat keanggotaan error dan delta error saat *sample* ke-102 dapat dilihat pada gambar 3.13.



**Gambar 3.13** Inferensi Min-Max Saat *Sample* ke-102

Nilai derajat keanggotaan Error:

$$\text{Error} = 0.64[Z]$$

$$\text{Error} = 0.36[NS]$$

Nilai derajat keanggotaan DelError:

$$\text{Delta Error} = 1 [PB]$$

$$\text{Delta Error} = 0 [PS]$$

Hasil :

$$\text{Error1} = 0.64[Z] \rightarrow \text{Del Error1} = 1[PB] = 0.64[NS]$$

$$\text{Error1} = 0.64[Z] \rightarrow \text{Del Error2} = 0[PS] = 0[NS]$$

$$\text{Error2} = 0.36[NS] \rightarrow \text{Del Error1} = 1[PB] = 0.36[NS]$$

$$\text{Error2} = 0.36[NS] \rightarrow \text{Del Error2} = 0[PS] = 0[PS]$$

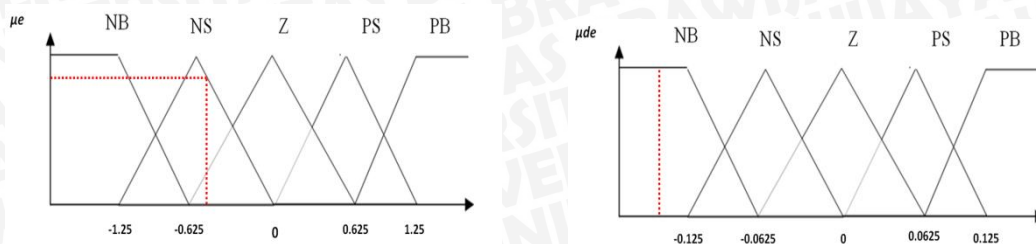
## 3. Inferensi Min-Max Sample ke 103

$$\begin{aligned} \text{Error}_{(t)} &= \text{SP}_{(t)} - \text{PV}_{(t)} \\ \text{Error}_{(102)} &= \text{SP} - \text{PV}_{(102)} \\ &= 25 - 25,22 \\ &= -0,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Error}_{(t)} &= \text{SP}_{(t)} - \text{PV}_{(t)} \\ \text{Error}_{(103)} &= \text{SP} - \text{PV}_{(103)} \\ &= 25 - 25,52 \\ &= -0,52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Delta Error}_{(t)} &= \text{Error}_{(t)} - \text{Error}_{(t-1)} \\ \text{Delta Error}_{(103)} &= \text{Error}_{(103)} - \text{Error}_{(102)} \\ &= -0,52 - (-0,22) \\ &= -0,3 \end{aligned}$$

Nilai derajat keanggotaan error dan delta error saat *sample* ke-103 dapat dilihat pada gambar 3.14.



**Gambar 3.14** Inferensi Min-Max Saat *Sample* ke-103

Nilai derajat keanggotaan Error:

$$\text{Error} = 0.16[Z]$$

$$\text{Error} = 0.84[NS]$$

Nilai derajat keanggotaan DelError:

$$\text{Delta Error} = 1 [NB]$$

$$\text{Delta Error} = 0 [NS]$$

Hasil :

$$\text{Error1} = 0.16[Z] \rightarrow \text{Del Error1} = 1[NB] = 0.16[PB]$$

$$\text{Error1} = 0.16[Z] \rightarrow \text{Del Error2} = 0[NS] = 0[PS]$$

$$\text{Error2} = 0.84[NS] \rightarrow \text{Del Error1} = 1[NB] = 0.84[PB]$$

$$\text{Error2} = 0.84[NS] \rightarrow \text{Del Error2} = 0[NS] = 0[PB]$$

#### 4. Inferensi Min-Max Sample ke 104

$$\text{Error}_{(t)} = \text{SP}_{(t)} - \text{PV}_{(t)}$$

$$\text{Error}_{(103)} = \text{SP} - \text{PV}_{(103)}$$

$$= 25 - 25,52$$

$$= -0,52$$

$$\text{Error}_{(t)} = \text{SP}_{(t)} - \text{PV}_{(t)}$$

$$\text{Error}_{(104)} = \text{SP} - \text{PV}_{(104)}$$

$$= 25 - 25,62$$

$$= -0,62$$

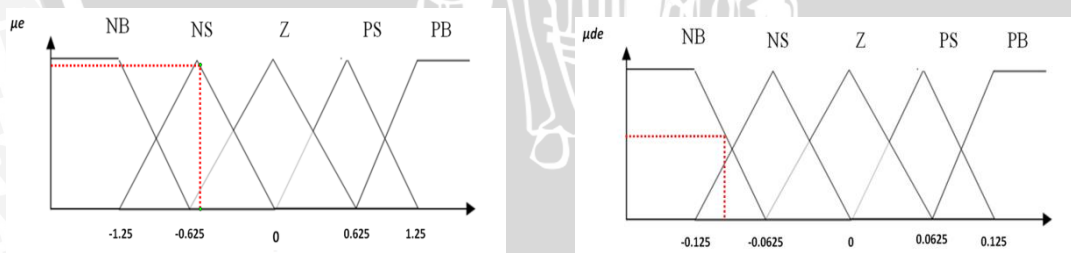
$$\text{Delta Error}_{(t)} = \text{Error}_{(t)} - \text{Error}_{(t-1)}$$

$$\text{Delta Error}_{(104)} = \text{Error}_{(104)} - \text{Error}_{(103)}$$

$$= -0,62 - (-0,52)$$

$$= -0,1$$

Nilai derajat keanggotaan error dan delta error saat *sample* ke-104 dapat dilihat pada gambar 3.15.



**Gambar 3.15** Inferensi Min-Max Saat *Sample* ke-104

Nilai derajat keanggotaan Error:

$$\text{Error} = 0.008[Z]$$

$$\text{Error} = 0.992[NS]$$

Nilai derajat keanggotaan DelError:

$$\text{Delta Error} = 0,4 [NS]$$

$$\text{Delta Error} = 0,6 [NB]$$

Hasil :

$$\text{Error1} = 0.008[Z] \rightarrow \text{Del Error1} = 0,4[NS] = 0.008[PS]$$

$$\text{Error1} = 0.008[Z] \rightarrow \text{Del Error2} = 0,6[NB] = 0,6[PB]$$

$$\text{Error2} = 0.992[NS] \rightarrow \text{Del Error1} = 0,4[NS] = 0.992[PB]$$

$$\text{Error2} = 0.992[NS] \rightarrow \text{Del Error2} = 0,6[NB] = 0,6[PB]$$



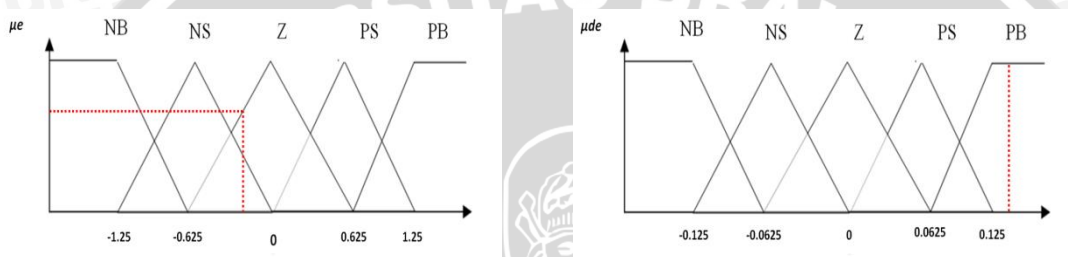
### 5. Inferensi Min-Max Sample ke 105

$$\begin{aligned} \text{Error}_{(t)} &= \text{SP}_{(t)} - \text{PV}_{(t)} \\ \text{Error}_{(104)} &= \text{SP} - \text{PV}_{(104)} \\ &= 25 - 25,62 \\ &= -0,62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Error}_{(t)} &= \text{SP}_{(t)} - \text{PV}_{(t)} \\ \text{Error}_{(105)} &= \text{SP} - \text{PV}_{(105)} \\ &= 25 - 25,2 \\ &= -0,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Delta Error}_{(t)} &= \text{Error}_{(t)} - \text{Error}_{(t-1)} \\ \text{Delta Error}_{(104)} &= \text{Error}_{(105)} - \text{Error}_{(104)} \\ &= -0,2 - (-0,62) \\ &= 0,42 \end{aligned}$$

Nilai derajat keanggotaan error dan delta error saat *sample* ke-105 dapat dilihat pada gambar 3.16.



**Gambar 3.16** Inferensi Min-Max Saat *Sample* ke-105

Nilai derajat keanggotaan Error:

$$\text{Error} = 0.68[Z]$$

$$\text{Error} = 0.32[NS]$$

Nilai derajat keanggotaan DelError:

$$\text{Delta Error} = 1 [PB]$$

$$\text{Delta Error} = 0 [PS]$$

Hasil :

$$\text{Error1} = 0.68[Z] \rightarrow \text{Del Error1} = 1[PB] = 0,68 [NS]$$

$$\text{Error1} = 0.68[Z] \rightarrow \text{Del Error2} = 0[PS] = 0[NS]$$

$$\text{Error2} = 0.32[NS] \rightarrow \text{Del Error1} = 1[PB] = 0,32[NS]$$

$$\text{Error2} = 0.32[NS] \rightarrow \text{Del Error2} = 0[PS] = 0[PS]$$

### 3.6 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses untuk mengubah keluaran *fuzzy* menjadi keluaran *crisp*. Hasil defuzzifikasi inilah yang digunakan untuk mengatur besarnya kecepatan yang dikeluarkan oleh motor DC. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah *Center Of Gravity*.

Proses defuzzifikasi menggunakan keluaran Tsukamoto yang memiliki nilai monoton. Pemilihan penggunaan keluaran Tsukamoto dikarenakan metode ini mampu menutupi hasil lingkup keluaran yang tidak mampu dijangkau oleh keluaran singleton.

Perhitungan nilai keluaran sistem dilakukan dengan perkalian fungsi keanggotaan dengan hasil perkalian dari persamaan garis keluaran Tsukamoto dengan hasil inferensi dari fuzzifikasi.

Berdasarkan contoh hasil proses inferensi, maka keluaran motor DC didapatkan:

1. Defuzzifikasi untuk Inferensi Min-Max saat sampel ke 101

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{\sum_{i=1}^n w_i u_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \\
 &= \frac{0.2 \times NS + 0.8 \times NS + 0 \times NS + 0 \times PS}{0.2 + 0.8 + 0} \\
 &= \frac{0.2 \times (90 + (0.2 \times 5)) + 0.8 \times (90 + (0.8 \times 5)) + 0 \times (90) + 0 \times (95)}{0.2 + 0.8 + 0} \\
 &= \frac{0.2 \times (91) + 0.8 \times (94) + 0}{0.2 + 0.8 + 0} \\
 &= 93.4
 \end{aligned}$$

2. Defuzzifikasi untuk Inferensi Min-Max saat sampel ke 102

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{\sum_{i=1}^n w_i u_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \\
 &= \frac{0.64 \times NS + 0.36 \times NS + 0 \times NS + 0 \times PS}{0.64 + 0.36 + 0} \\
 &= \frac{0.64 \times (90 + (0.64 \times 5)) + 0.36 \times (90 + (0.36 \times 5)) + 0 \times (90) + 0 \times (95)}{0.64 + 0.36 + 0} \\
 &= \frac{0.64 \times (93.2) + 0.36 \times (91.8) + 0}{0.64 + 0.36 + 0} \\
 &= 92.76
 \end{aligned}$$

3. Defuzzifikasi untuk Inferensi Min-Max saat sampel ke 103

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{\sum_{i=1}^n w_i u_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \\
 &= \frac{0.16 \times PB + 0.84 \times PB + 0 \times PS + 0 \times PB}{0.16 + 0.84 + 0} \\
 &= \frac{0.16 \times (100 - (0.16 \times 5)) + 0.84 \times (100 - (0.84 \times 5)) + 0 \times (95) + 0 \times (100)}{0.16 + 0.84 + 0} \\
 &= \frac{0.16 \times (99.2) + 0.84 \times (95.8) + 0}{0.16 + 0.84 + 0} \\
 &= 96.34
 \end{aligned}$$

4. Defuzzifikasi untuk Inferensi Min-Max saat sampel ke 104

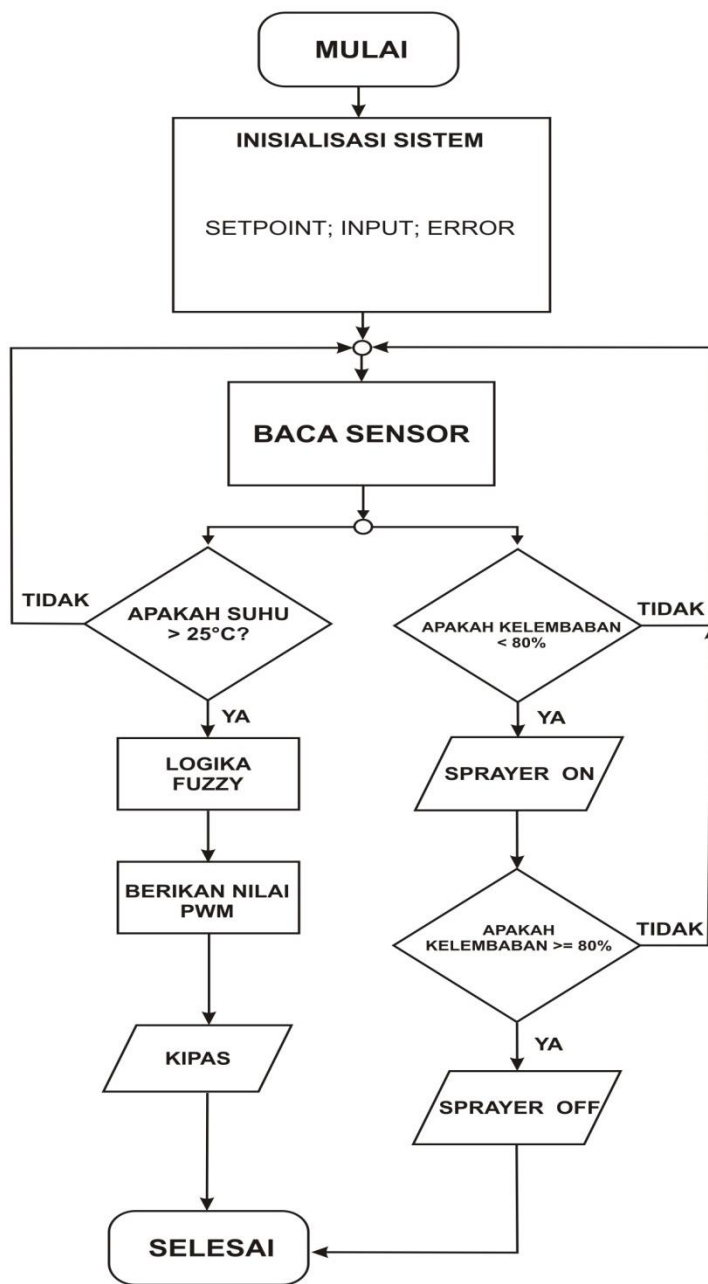
$$\begin{aligned}
 U &= \frac{\sum_{i=1}^n w_i u_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \\
 &= \frac{0.008 \times PS + 0.6 \times PB + 0.992 \times PB + 0.6 \times PB}{0.008 + 0.6 + 0.992 + 0.6} \\
 &= \frac{0.008 \times (95 - (0.008 \times 5)) + 0.6 \times (100 - (0.6 \times 5)) + 0.992 \times (100 - (0.992 \times 5)) + 0.6 \times (100 - (0.6 \times 5))}{0.008 + 0.6 + 0.992 + 0.6} \\
 &= \frac{0.008 \times (94.96) + 0.6 \times (97) + 0.992 \times (95.04) + 0.6 \times (97)}{0.008 + 0.6 + 0.992 + 0.6} \\
 &= 96.10
 \end{aligned}$$

5. Defuzzifikasi untuk Inferensi Min-Max saat sampel ke 105

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{\sum_{i=1}^n w_i u_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \\
 &= \frac{0.68 \times NS + 0 \times NS + 0.32 \times NS + 0 \times PS}{0.68 + 0 + 0.32 + 0} \\
 &= \frac{0.68 \times (90 + (0.68 \times 5)) + 0 + 0.32 \times (90 + (0.32 \times 5)) + 0 \times (95)}{0.68 + 0 + 0.32 + 0} \\
 &= \frac{0.68 \times (93.4) + 0 + 0.32 \times (91.6) + 0}{0.68 + 0.32 + 0} \\
 &= 92.82
 \end{aligned}$$

### 3.7 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak hal pertama yang dilakukan adalah mengetahui karakteristik motor DC, setelah itu dilakukan perhitungan untuk menentukan algoritma kontroler dengan Kontroler Logika Fuzzy. Setelah didapatkan algoritma, kemudian dibuat program untuk mikrokontroler dengan *software* program arduino IDE. Adapun *flowchart* sistem ditunjukkan dalam Gambar 3.17.



**Gambar 3.17** Flowchart Perangkat Lunak

Flowchart perangkat lunak dimulai dengan inialisasi sistem. Dimana pada inialisasi sistem berfungsi untuk mendeklarasikan variabel-variabel yang akan digunakan dalam pemrograman. Pada penelitian ini menggunakan 2 jenis *setpoint* yaitu suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan kelembaban ( $\%RH$ ). Logika *Fuzzy* digunakan untuk mengontrol kecepatan kipas, dimana kecepatan kipas berpengaruh pada suhu ruang. Sedangkan untuk mengatur kelembaban menggunakan *spray* / penyemprot air dengan sistem *on/off*, dimana aksi kontrol untuk mengatur nilai kelembaban dilakukan setiap 10 menit sekali.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dibahas hasil dari perancangan alat, untuk mengetahui apakah system bekerja sesuai dengan *setpoint* yang ditentukan maka perlu dilakukan pengujian. Pengujian pada sistem ini meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk menemukan letak kesalahan dan mempermudah analisis pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

1. Pengujian Catu Daya
2. Pengujian Driver Motor
3. Pengujian sensor SHT11
4. Pengujian Sistem Keseluruhan

#### 4.1 Pengujian Catu Daya

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan catu daya yang akan digunakan pada arduino, LCD 16x2, sensor SHT11, driver motor dc kipas dan juga kipas 12V. Pengujian ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengukuran Catu Daya

Dari hasil pengujian yang dilakukan, dapat diketahui bahwa catu daya mempunyai error:

$$\begin{aligned} error &= V_{Pengukuran} - V_{Standart} \dots\dots\dots(4-1) \\ &= 12,30 \text{ V} - 12\text{V} \\ &= 0,30 \text{ V} \end{aligned}$$

$$error(\%) = \frac{|V_{Pengukuran} - V_{standart}|}{V_{standart}} \times 100\% \dots\dots(4-2)$$

Dengan  $V_{Pengukuran}$  = tegangan catu daya yang diukur.

$V_{standart}$  = tegangan standar catu daya yang tertera di *name plate*.

$$\begin{aligned} error &= \frac{|12,30 - 12|}{12} \times 100\% \\ error &= 12.16 \% \end{aligned}$$

Terjadi *error* sebesar 2,5%, namun tegangan tersebut masih dapat ditoleransi oleh arduino dan rangkaian lainnya.

#### 4.2 Pengujian Driver Motor EMS 5A H-BRIDGE

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *driver* motor EMS 30A H-Bridge. Dimana nilai PWM yang diberikan akan dibandingkan dengan tegangan efektif keluaran pin arduino dan keluaran *driver* motor.

##### 4.2.1 Peralatan Pengujian

1. Catu Daya
2. Arduino Uno
3. Driver Motor EMS 5A H-Bridge
4. Digital Multimeter FLUKE 111
5. Laptop

##### 4.2.2 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan catu daya pada arduino. Dimana arduino juga sudah tersambung dengan driver motor EMS 30A H-Bridge. Kemudian melalui *software* arduino.ide dituliskan program untuk mengeluarkan nilai PWM dari 0 sampai 250. Setiap perubahan akan dicatat dan kemudian dianalisis.

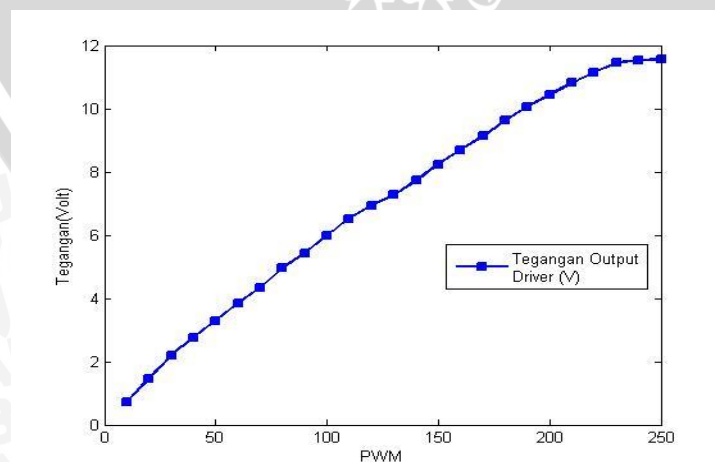
### 4.2.3 Hasil Pengujian

Hasil pengujian *driver* motor EMS 5A H-Bridge ditunjukkan dalam Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Driver Motor EMS 5A H-Bridge

PWM	Duty Cycle	Tegangan Output Driver (V)
10	11,6	0,704
20	18,1	1,47
30	24,7	2,191
40	29,4	2,767
50	33	3,292
60	36,2	3,84
70	40,1	4,33
80	44,3	4,96
90	48,1	5,42
100	52,1	5,98
110	56,8	6,51
120	60,3	6,94
130	64	7,27
140	67,7	7,73
150	69,7	8,24
160	70,3	8,7
170	74	9,13
180	78,2	9,62
190	81,9	10,06
200	85,1	10,43
210	88,4	10,82
220	91	11,15
230	93	11,45
240	95	11,53
250	99	11,55

Grafik hasil pengujian driver motor EMS 5A H-Bridge ditunjukkan dalam Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik tegangan terhadap PWM

Berdasarkan hasil pengujian driver motor EMS 5A H-Bridge yang ditunjukkan dalam Tabel 2 dan Gambar 13 menunjukkan bahwa driver motor sudah dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Hal ini dapat dilihat dari trend grafik tegangan yang semakin besar ketika diberikan nilai pwm yang semakin besar.

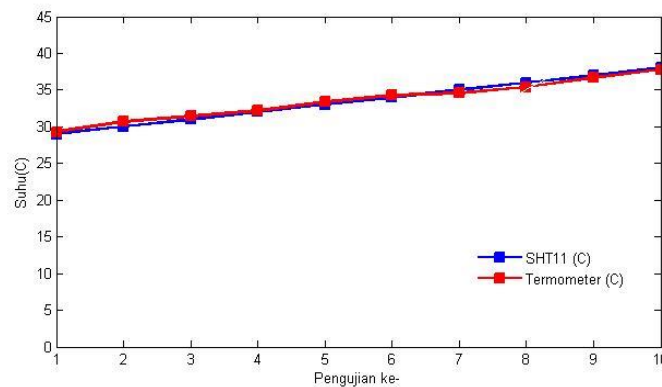
#### 4.3 Pengujian Sensor SHT11

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari sensor SHT11. Dimana pembacaan sensor SHT11 dibandingkan dengan alat ukur yang lain sesuai dengan parameter yang akan diukur. Pada pengujian ini menggunakan termometer dan hygrometer sebagai pembanding dari sensor SHT11. Hasil pengujian SHT11 ditunjukkan dalam Tabel 4.2.

**Tabel 4.2. Hasil Pengujian Sensor SHT 11**

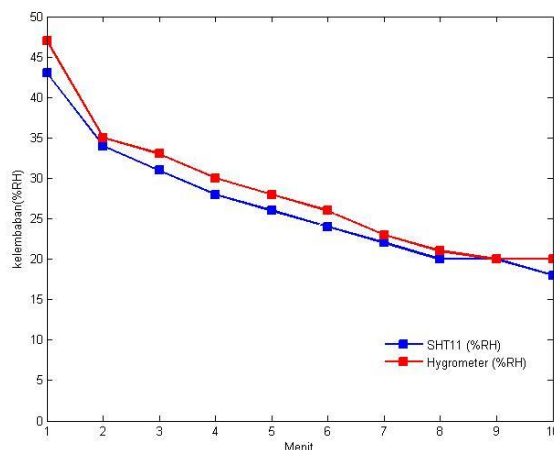
No	SHT11 (°C)	Termometer (°C)	Error (°C)	SHT11 (%RH)	Hygrometer (%RH)	Error (%RH)
1	29	29,3	0,3	43	47	4
2	30	30,7	0,7	34	35	1
3	31	31,4	0,4	31	33	2
4	32	32,2	0,2	28	30	2
5	33	33,4	0,4	26	28	2
6	34	34,3	0,3	24	26	2
7	35	34,6	0,4	22	23	1
8	36	35,4	0,6	20	21	1
9	37	36,7	0,3	20	20	0
10	38	37,8	0,2	18	20	2
<b>Error (°C) Rata-Rata</b>			<b>0,38</b>	<b>Error (%RH) Rata-Rata</b>		<b>1,7</b>

Grafik hasil pengujian SHT11 ditunjukkan dalam Gambar 4.3 dan 4.4.



**Gambar 4.3** Grafik Perbandingan Suhu SHT11 dan Termometer





**Gambar 4.4** Grafik Perbandingan Kelembaban SHT11 dan Hygrometer

Berdasarkan hasil pengujian SHT11 yang ditunjukkan dalam Tabel 4.2 dan Gambar 4.3 dan 4.4 menunjukkan bahwa sensor SHT11 dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan pembacaan sensor SHT11 dengan termometer dan *hygrometer* yang mempunyai satu trend grafik yang hampir sama. Berdasarkan hasil pengujian, sensor SHT11 mempunyai error suhu rata-rata sebesar  $0.38\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan error kelembaban rata-rata  $1.7\text{ \%RH}$ .

#### 4.4 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kerja dari perangkat keras dan perangkat lunak setelah diintegrasikan dalam sebuah sistem yang terpadu.

##### 4.4.1 Peralatan Pengujian

1. Catu daya 12V
2. Kotak miniature ruang budidaya yang sudah terpasang kipas, *sprayer* air dan sensor SHT11
3. Program dan software Arduino
4. Driver motor EMS H-Bridge 5
5. Semut satu koloni

##### 4.4.2 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan cara menggabungkan semua bagian dari perangkat keras yang sudah dirancang. Kemudian sistem pengontrolan kecepatan motor kipas menggunakan metode *fuzzy* diaktifkan yang digunakan untuk mengatur suhu ruang. Hasil pembacaan suhu dan kelembaban dicatat dan dianalisis. Setelah melakukan prosedur pengujian sistem secara keseluruhan selama 3 hari.

#### 4.4.3 Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian sistem secara keseluruhan selama 3 hari didapatkan hasil pengujian yang ditunjukkan dalam Tabel 4.3 dan 4.4.

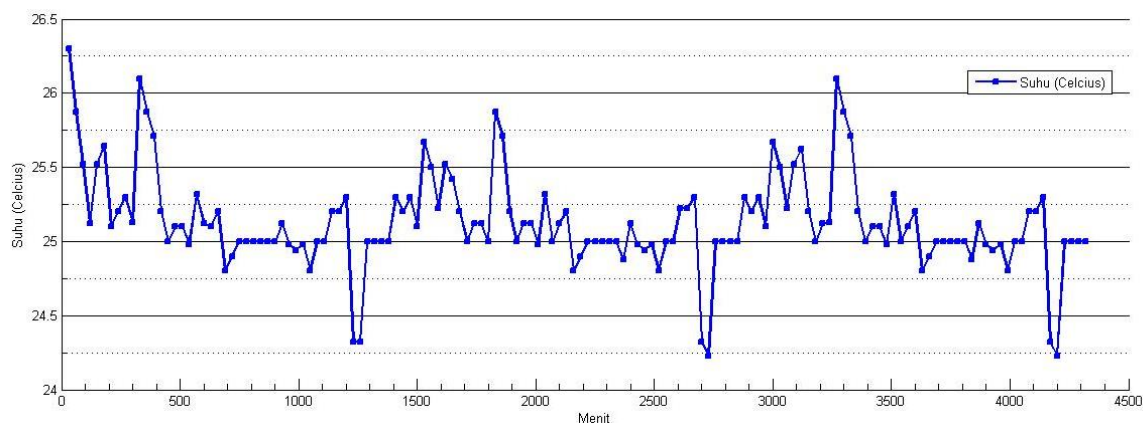
**Tabel 4.3 Hasil Pengujian Pengontrolan Suhu**

No.	Menit	Suhu	PWM	No.	Menit	Suhu	PWM	No.	Menit	Suhu	PWM
1	30	26,3	97,1	49	1470	25,3	93	97	2910	25,2	92,8
2	60	25,87	97	50	1500	25,1	91,5	98	2940	25,3	92,3
3	90	25,52	96,34	51	1530	25,67	97,3	99	2970	25,1	91,8
4	120	25,12	92	52	1560	25,5	93,4	100	3000	25,67	97,3
5	150	25,52	96,34	53	1590	25,22	92,76	101	3030	25,5	93,4
6	180	25,64	96,5	54	1620	25,52	96,34	102	3060	25,22	92,76
7	210	25,1	91,5	55	1650	25,42	95,7	103	3090	25,52	92,8
8	240	25,2	92,8	56	1680	25,2	92,8	104	3120	25,62	96,1
9	270	25,3	93	57	1710	25	91,2	105	3150	25,2	92,82
10	300	25,13	92,2	58	1740	25,12	92	106	3180	25	91,2
11	330	26,1	94,1	59	1770	25,12	92	107	3210	25,12	92
12	360	25,87	97	60	1800	25	91,2	108	3240	25,13	92,2
13	390	25,71	96,7	61	1830	25,87	97	109	3270	26,1	93,2
14	420	25,2	92,8	62	1860	25,71	96,5	110	3300	25,87	97
15	450	25	91	63	1890	25,2	92,8	111	3330	25,71	92,8
16	480	25,1	91,4	64	1920	25	91,2	112	3360	25,2	92,8
17	510	25,1	91,3	65	1950	25,12	92	113	3390	25	91,2
18	540	24,98	89,6	66	1980	25,12	92	114	3420	25,1	91,8
19	570	25,32	93,1	67	2010	24,98	89,2	115	3450	25,1	91,8
20	600	25,12	92	68	2040	25,32	93,7	116	3480	24,98	88,5
21	630	25,1	91,3	69	2070	25	91,2	117	3510	25,32	93
22	660	25,2	92,8	70	2100	25,12	92	118	3540	25	91,2
23	690	24,8	88,7	71	2130	25,2	92,8	119	3570	25,1	92
24	720	24,9	88,9	72	2160	24,8	89,2	120	3600	25,2	92,8
25	750	25	91,2	73	2190	24,9	89,5	121	3630	24,8	88,7
26	780	25	91,2	74	2220	25	91,2	122	3660	24,9	88,9
27	810	25	91,2	75	2250	25	91,2	123	3690	25	91
28	840	25	91,2	76	2280	25	91,2	124	3720	25	91,2
29	870	25	91,2	77	2310	25	91,2	125	3750	25	91,2
30	900	25	91,2	78	2340	25	91,2	126	3780	25	91
31	930	25,12	92	79	2370	24,88	87,9	127	3810	25	91,2
32	960	24,98	88,8	80	2400	25,12	92	128	3840	24,88	88,6
33	990	24,94	88,1	81	2430	24,98	88,1	129	3870	25,12	92
34	1020	24,98	88,5	82	2460	24,94	88,4	130	3900	24,98	89
35	1050	24,8	87	83	2490	24,98	88,2	131	3930	24,94	88,9
36	1080	25	91,2	84	2520	24,8	86	132	3960	24,98	89
37	1110	25	91,2	85	2550	25	91,2	133	3990	24,8	88,6
38	1140	25,2	92,8	86	2580	25	91,2	134	4020	25	91,2
39	1170	25,2	92,8	87	2610	25,22	92,76	135	4050	25	91,2
40	1200	25,3	93,2	88	2640	25,22	92,76	136	4080	25,2	92,8
41	1230	24,32	86,8	89	2670	25,3	92,3	137	4110	25,2	92,8
42	1260	24,32	86,5	90	2700	24,32	89,1	138	4140	25,3	93
43	1290	25	91,2	91	2730	24,23	89	139	4170	24,32	88,2
44	1320	25	91,2	92	2760	25	91,2	140	4200	24,23	88,1
45	1350	25	91,2	93	2790	25	91,2	141	4230	25	91,2
46	1380	25	91,2	94	2820	25	91,2	142	4260	25	90,9
47	1410	25,3	93,1	95	2850	25	91,2	143	4290	25	91,2
48	1440	25,2	92,8	96	2880	25,3	92,3	144	4320	25	91

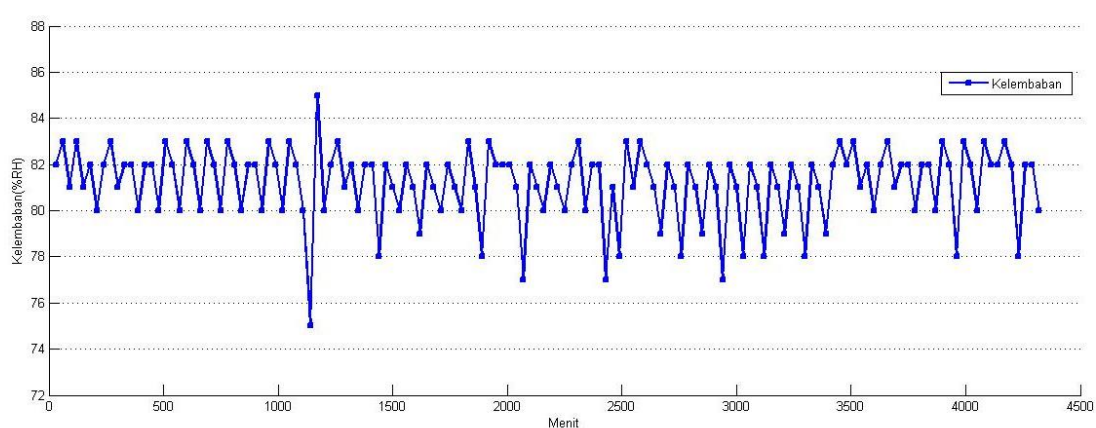
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Pengontrolan Kelembaban

No.	Menit	Logika Spray	%RH	No.	Menit	Logika Spray	%RH	No.	Menit	Logika Spray	%RH
1	30	0	82	49	1470	0	82	97	2910	0	81
2	60	0	83	50	1500	0	81	98	2940	1	77
3	90	0	81	51	1530	0	80	99	2970	0	82
4	120	0	83	52	1560	0	82	100	3000	0	81
5	150	0	81	53	1590	0	81	101	3030	1	78
6	180	0	82	54	1620	1	79	102	3060	0	82
7	210	0	80	55	1650	0	82	103	3090	0	81
8	240	0	82	56	1680	0	81	104	3120	1	78
9	270	0	83	57	1710	0	80	105	3150	0	82
10	300	0	81	58	1740	0	82	106	3180	0	81
11	330	0	82	59	1770	0	81	107	3210	1	79
12	360	0	82	60	1800	0	80	108	3240	0	82
13	390	0	80	61	1830	0	83	109	3270	0	81
14	420	0	82	62	1860	0	81	110	3300	1	78
15	450	0	82	63	1890	1	78	111	3330	0	82
16	480	0	80	64	1920	0	83	112	3360	0	81
17	510	0	83	65	1950	0	82	113	3390	1	79
18	540	0	82	66	1980	0	82	114	3420	0	82
19	570	0	80	67	2010	0	82	115	3450	0	83
20	600	0	83	68	2040	0	81	116	3480	0	82
21	630	0	82	69	2070	1	77	117	3510	0	83
22	660	0	80	70	2100	0	82	118	3540	0	81
23	690	0	83	71	2130	0	81	119	3570	0	82
24	720	0	82	72	2160	0	80	120	3600	0	80
25	750	0	80	73	2190	0	82	121	3630	0	82
26	780	0	83	74	2220	0	81	122	3660	0	83
27	810	0	82	75	2250	0	80	123	3690	0	81
28	840	0	80	76	2280	0	82	124	3720	0	82
29	870	0	82	77	2310	0	83	125	3750	0	82
30	900	0	82	78	2340	0	80	126	3780	0	80
31	930	0	80	79	2370	0	82	127	3810	0	82
32	960	0	83	80	2400	0	82	128	3840	0	82
33	990	0	82	81	2430	1	77	129	3870	0	80
34	1020	0	80	82	2460	0	81	130	3900	0	83
35	1050	0	83	83	2490	1	78	131	3930	0	82
36	1080	0	82	84	2520	0	83	132	3960	1	78
37	1110	0	80	85	2550	0	81	133	3990	0	83
38	1140	1	75	86	2580	0	83	134	4020	0	82
39	1170	0	85	87	2610	0	82	135	4050	0	80
40	1200	0	80	88	2640	0	81	136	4080	0	83
41	1230	0	82	89	2670	1	79	137	4110	0	82
42	1260	0	83	90	2700	0	82	138	4140	0	82
43	1290	0	81	91	2730	0	81	139	4170	0	83
44	1320	0	82	92	2760	1	78	140	4200	0	82
45	1350	0	80	93	2790	0	82	141	4230	1	78
46	1380	0	82	94	2820	0	81	142	4260	0	82
47	1410	0	82	95	2850	1	79	143	4290	0	82
48	1440	1	78	96	2880	0	82	144	4320	0	80

Grafik hasil pengujian pengontrolan suhu dan kelembaban ditunjukkan dalam Gambar 4.5 dan 4.6.



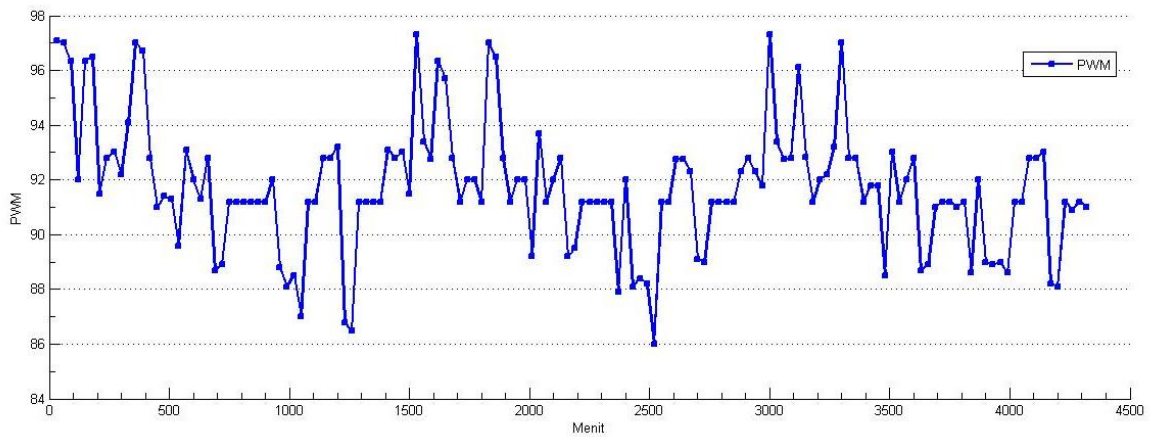
**Gambar 4.5** Grafik Suhu Terhadap Waktu



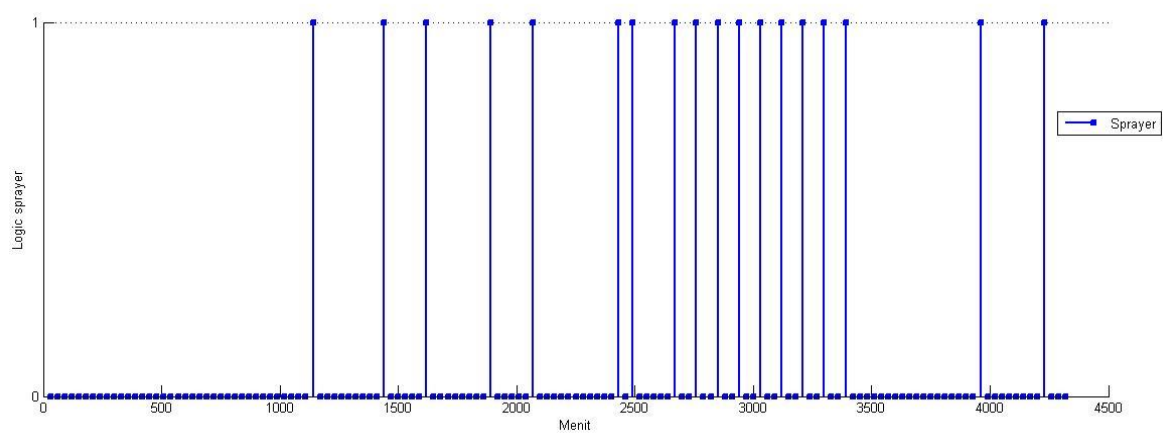
**Gambar 4.6** Grafik Kelembaban Terhadap Waktu

Grafik sinyal keluaran pwm untuk mengontrol suhu dan sinyal keluaran *on / off* untuk mengatur kelembaban ditunjukkan dalam Gambar 4.7 dan 4.8.



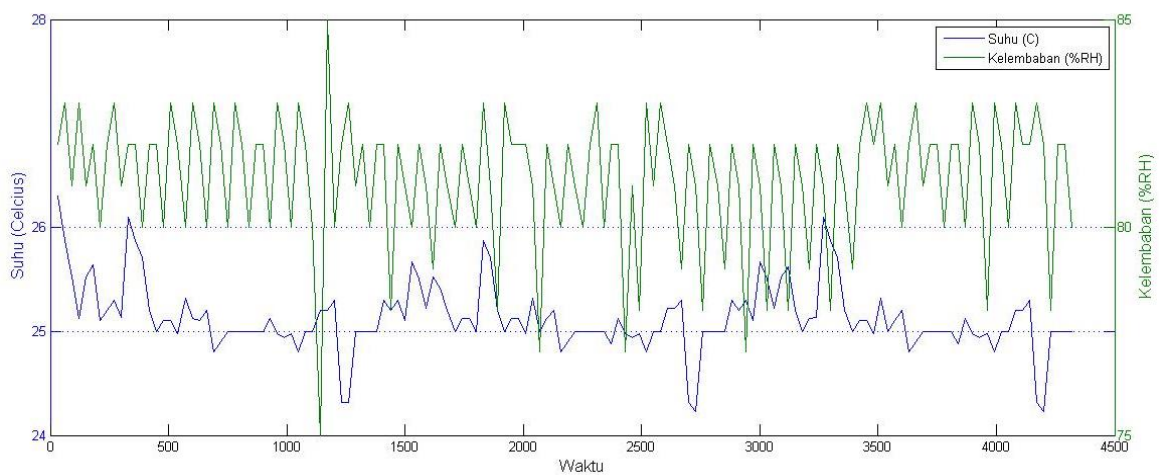


**Gambar 4.7** Grafik PWM Terhadap Waktu



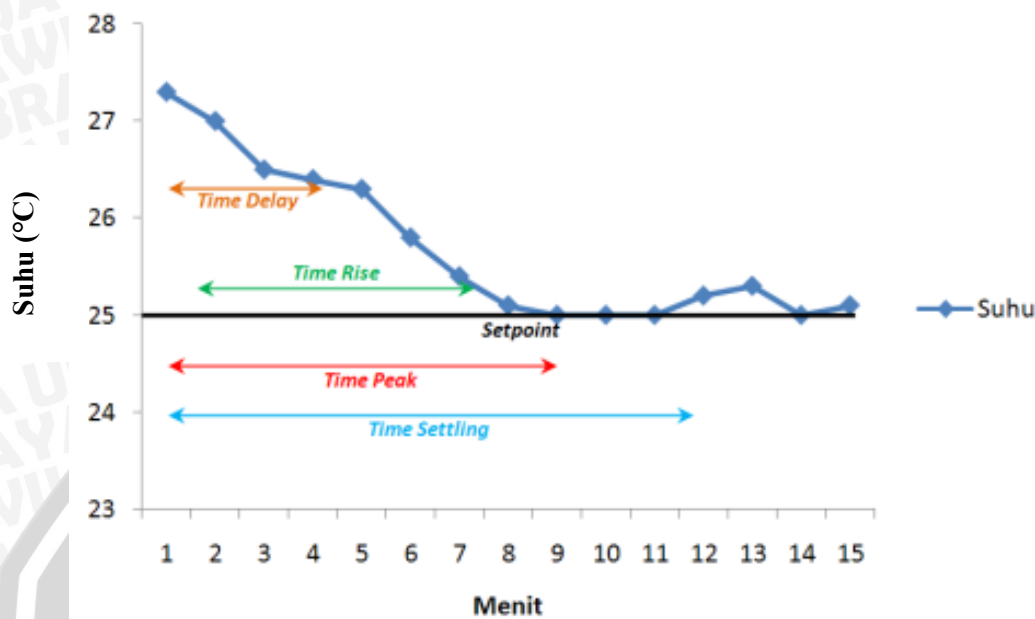
**Gambar 4.8** Grafik *Logic Sprayer* Terhadap Waktu

Dalam Gambar 4.7 menunjukkan grafik nilai PWM selama proses pengujian berlangsung. Sedangkan pada Gambar 4.8 menunjukkan logika aktif atau tidak *sprayer* selama proses pengujian berlangsung. Nilai 0 menunjukkan *sprayer off* (tidak menyemprot air) sedangkan nilai 1 menunjukkan *sprayer on* (menyemprot air). Untuk perbandingan grafik suhu dan kelembaban ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



**Gambar 4.9** Perbandingan grafik aksi kontrol suhu dan kelembaban

Dalam gambar 4.9 dapat dilihat bahwa kelembaban udara berbanding terbalik dengan suhu dimana ketika suhu ruangan diturunkan maka nilai kelembaban udara relatif akan naik.



**Gambar 4.10** Respon Waktu Parameter Kontrol

Berdasarkan hasil pengujian dengan setpoint suhu ruang 25°C didapatkan hasil seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.5. Sedangkan untuk hasil pengontrolan kelembaban dengan setpoint 80% RH ditunjukkan dalam Gambar 4.6. Respon waktu parameter kontrol pada pengujian keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 4.10. Respon waktu parameter kontrol pengujian keseluruhan yaitu:

- *Time Delay* ( $T_d$ ) = 4,5 menit
- *Time Rise* ( $T_r$ ) = 7,2 menit
- *Time Peak* ( $T_p$ ) = 9 menit
- *Time Settling* ( $T_s$ ) = 11 menit

Pada pengujian keseluruhan sistem menggunakan parameter sebagai berikut:

*Fuzzyfikasi* : *Min-Max*

*Defuzzyfikasi* : *Metode Center Of Gravity (COG)*

*Membership Function* : 5

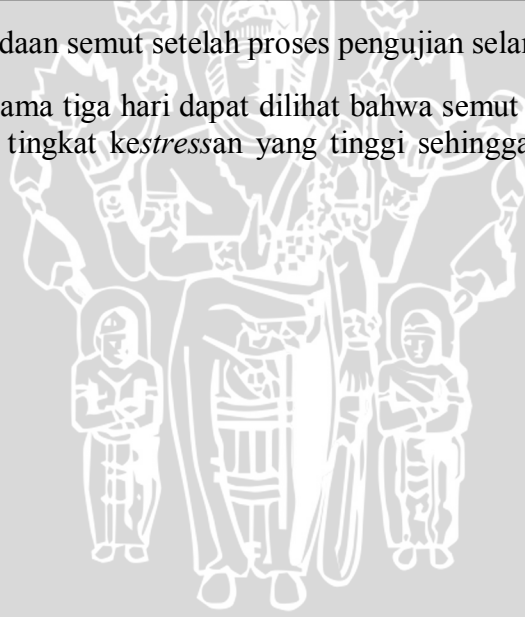
Pengujian keseluruhan system ini bertujuan untuk mengetahui respon dari kontroler yang digunakan dalam pengontrolan suhu dan kelembaban dalam miniatur ruang budidaya, selain itu pengujian juga bertujuan untuk menguji apakah semut di dalam miniatur ruang budidaya dapat bertahan hidup atau tidak, pengujian ini dilakukan dengan memasukkan

satu koloni (satu toples) semut ke dalam miniatur ruang budidaya dan dilakukan pengujian selama tiga hari dalam keadaan ruang tertutup dan tanpa cahaya. Adapun keadaan semut setelah pengujian selama tiga hari dapat di lihat pada gambar 4.11.



**Gambar 4.11** Keadaan semut setelah proses pengujian selama tiga hari

Setelah pengujian selama tiga hari dapat dilihat bahwa semut masih dapat bertahan hidup dan tidak mengalami tingkat kestressan yang tinggi sehingga tidak banyak semut yang mati.







## BAB V PENUTUP

### 5.1 KESIMPULAN

Dari perancangan, pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan pada penelitian sistem pengontrolan suhu dan kelembaban menggunakan metode fuzzy diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan control logika *fuzzy* dengan nilai setpoint sebesar  $25^{\circ}\text{C}$  dapat menjaga suhu dan kelembaban dalam miniature ruang budidaya dan didapatkan parameter kontrol *Time Delay* ( $T_d$ ) = 4,5 menit, *Time Rise* ( $T_r$ ) = 7,2 menit, *Time Peak* ( $T_p$ ) = 9 menit, *Time Settling* ( $T_s$ ) = 11 menit.
2. Hasil pengujian terhadap sistem pengendalian suhu dan kelembaban menunjukkan bahwa respon sistem memiliki  $T_s = 11$  menit. Hal ini membuktikan bahwa arduino uno dengan metode kontrol *fuzzy* mampu diaplikasikan pada alat pengontrol suhu dan kelembaban untuk budidaya semut rangrang.

### 5.2 SARAN

Dalam perancangan dan pembuatan alat masih terdapat kelemahan yang diharapkan dapat diperbaiki pada penelitian selanjutnya. Adapun beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut adalah:

1. Menggunakan dimensi ruangan yang lebih besar agar jumlah semut yang dapat ditampung lebih dari satu koloni yang terdapat satu di dalamnya, sehingga dapat meningkatkan kuantitas produksi kroto.
2. Menggunakan alat pendingin khusus sehingga tidak menggunakan kipas karena jika RPM kipas terlalu tinggi dapat membuat semut berhamburan di sekitar ruangan.
3. Ditambahkan sebuah *heater* untuk menaikkan suhu ketika suhu di dalam *plant* di bawah *setpoint* ( $25^{\circ}$ ), dan juga menurunkan kelembaban udara di dalam *plant* ketika kelembaban udara lebih dari 80%.



## DAFTAR PUSTAKA

- Kuswandi, Son. 2000. *Kendali Cerdas ( Intelligent Control )*: EEPIS Press.
- Tohari, Affandi Nur Azis. 2011. *Penerapan Fuzy Logic Pada Pengaturan Jumlah Air Berdasarkan Suhu dan Kelembaban*. Semarang : Teknik Komputer Universitas Negeri Semarang.
- Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. Jakarta: Erlangga.
- Prayoga, B. 2013. *Kupas Tuntas Budidaya Kroto Cara Modern*. Jakarta : Penebar Swadaya
- Prayoga, B. 2014. *Menjawab Teka-Teki Beternak Dan Berbisnis Kroto*. Jakarta : Penebar Swadaya
- Soemarwanto. 1999. *Dasar Konversi Energi Elektrik, Jilid I* . Malang: FT. Univ. Brawijaya
- Yan, J. 1994. *Using Fuzzy Logic*. London: Prentice Hall





# LAMPIRAN 1

FOTO ALAT







**Gambar 1. Foto Miniatur Ruang Budidaya Tampak Samping**



**Gambar 2. Foto Miniatur Ruang Budidaya Tampak Atas**



Gambar 3. Foto Box Kontroller



Gambar 4. Foto Sprayer Air



# LAMPIRAN 2

## LISTING PROGRAM





*radiospares*

**RADIONICS**



ALLIED ELECTRONICS  
AN ELECTROCOMPONENTS COMPANY

```
//Program Keseluruhan
#include <SHT1x.h>
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(4, 5, 6, 7, 8, 9);
```

```
#define dataPin 3
#define clockPin 2
```

```
#include <FuzzyRule.h>
#include <FuzzyComposition.h>
#include <Fuzzy.h>
#include <FuzzyRuleConsequent.h>
#include <FuzzyOutput.h>
#include <FuzzyInput.h>
#include <FuzzyIO.h>
#include <FuzzySet.h>
#include <FuzzyRuleAntecedent.h>
```

```
unsigned int duration;
unsigned int temperature;
unsigned int Fronttemperature;
unsigned int Lefttemperature;
unsigned int Righttemperature;
unsigned int Time;
unsigned int CollisionCounter;
```

```
const int numOfReadings=10;
int readings[numOfReadings];
int arrayIndex=0;
int total=0;
int averagetemperature=0;
```

```
unsigned long pulseTime=0;
unsigned long dist =0;
```



**radiospares**

**RADIONICS**



ALLIED ELECTRONICS  
AN ELECTROCOMPONENTS COMPANY

```
float pwm=0;
Fuzzy*fuzzy=new Fuzzy(); //perkalian variabel Fuzzy dgn fuzzy akan
menghasilkan variabel baru fuzzy
```

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(10,OUTPUT);
  pinMode(11,INPUT);
  for(int thisReading=0; thisReading<numOfReadings; thisReading++){
    readings[thisReading]=0;
  }
}
```

```
FuzzyInput*temperature=new FuzzyInput(1);
FuzzySet*terhalang=new FuzzySet(20,21,22,23);
temperature->addFuzzySet(terhalang);
FuzzySet*agakterhalang=new FuzzySet(23,24,25,26);
temperature->addFuzzySet(agakterhalang);
FuzzySet*takterhalang=new FuzzySet(26,27,28,29);
temperature->addFuzzySet(takterhalang);
```

```
fuzzy->addFuzzyInput(temperature);
```

```
FuzzyOutput*motor=new FuzzyOutput(1); //deklarasi variabel OUTPUT ,
velocity=kecepatan
```

```
FuzzySet*pelan=new FuzzySet(80,82.5,85,87.5);
motor->addFuzzySet(pelan);
FuzzySet*normal=new FuzzySet(85,87.5,90,92.5);
motor->addFuzzySet(normal);
FuzzySet*cepat=new FuzzySet(90,92.5,95,100);
motor->addFuzzySet(cepat);
```

```
fuzzy->addFuzzyOutput(motor);
```

```
FuzzyRuleAntecedent*iftemperatureTerhalang=new FuzzyRuleAntecedent();
```



**radiospares**

**RADIONICS**



```

iftemperatureTerhalang->joinSingle(terhalang);
FuzzyRuleConsequent*thenMotorPelan=new FuzzyRuleConsequent();
thenMotorPelan->addOutput(pelan);
FuzzyRule*fuzzyRule01=new FuzzyRule(1,
iftemperatureTerhalang,thenMotorPelan);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule01);

```

```

FuzzyRuleAntecedent*iftemperatureAgakterhalang=new FuzzyRuleAntecedent();
iftemperatureAgakterhalang->joinSingle(agakterhalang);
FuzzyRuleConsequent*thenMotorNormal=new FuzzyRuleConsequent();
thenMotorNormal->addOutput(normal);
FuzzyRule*fuzzyRule02=new FuzzyRule(2,
iftemperatureAgakterhalang,thenMotorNormal);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule02);

```

```

FuzzyRuleAntecedent*iftemperatureTakterhalang=new FuzzyRuleAntecedent();
iftemperatureTakterhalang->joinSingle(takterhalang);
FuzzyRuleConsequent*thenMotorCepat=new FuzzyRuleConsequent();
thenMotorCepat->addOutput(cepat);
FuzzyRule*fuzzyRule03=new
FuzzyRule(3,iftemperatureTakterhalang,thenMotorCepat);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule03);

```

```

}

```

```

void loop() {
  baca_sht();
  sampling_kelembapan();
  if (arrayIndex>=numOfReadings){
    arrayIndex=0;
  }
}

```

```
averagetemperature=total/numOfReadings;//defuzzifikasi
```

```
fuzzy->setInput(1,averagetemperature);
```

```
fuzzy->fuzzify();//defuzzifikasi
```

```
float output=fuzzy->defuzzify(1);
```

```
analogWrite(11, output);
```

```
Serial.print("temperature: ");
```

```
Serial.print(averagetemperature);
```

```
Serial.print("\tpwm: ");
```

```
Serial.print(output);
```

```
Serial.print("\tkelembapan=");
```

```
Serial.println(dist);
```

```
delay(1000);
```

```
}
```

```
void baca_sht()
```

```
{
```

```
float temp_c;
```

```
float temp_f;
```

```
float humidity;
```

```
// Read values from the sensor
```

```
temp_c = sht1x.readTemperatureC();
```

```
temp_f = sht1x.readTemperatureF();
```

```
humidity = sht1x.readHumidity();
```

```
// Print the values to the serial port
```

```
Serial.print("Temperature: ");
```

```
Serial.print(temp_c, DEC);
```

```
Serial.print("C / ");
```

```
Serial.print(temp_f, DEC);
```

```
Serial.print("F. Humidity: ");
```

```
Serial.print(humidity);
```



**radiospares**

**RADIONICS**



ALLIED ELECTRONICS  
AN ELECTROCOMPONENTS COMPANY



```
Serial.println("%");
delay(2000);
}

void sampling_kelembapan()
{
  const unsigned long fiveMinutes = 10 * 60 * 1000UL;
  static unsigned long lastSampleTime = 0 - fiveMinutes;

  unsigned long now = millis();
  //Serial.println(now);
  if(now - lastSampleTime >= fiveMinutes)
  {
    lastSampleTime += fiveMinutes;
    if(humidity > 80)
    {digitalWrite(10, LOW);}
    if(humidity<80)
    {digitalWrite(10, HIGH);}
  }
}
```





*radiospares*

**RADIONICS**





# LAMPIRAN 3

## DATA SHEET | ARDUINO UNO

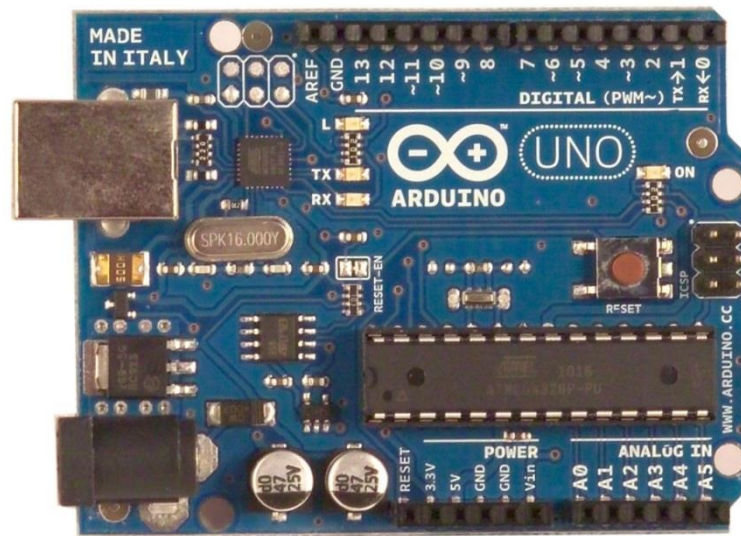


**radiospares**

**RADIONICS**



# Arduino UNO



## Product Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version

1.1 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

## Summary



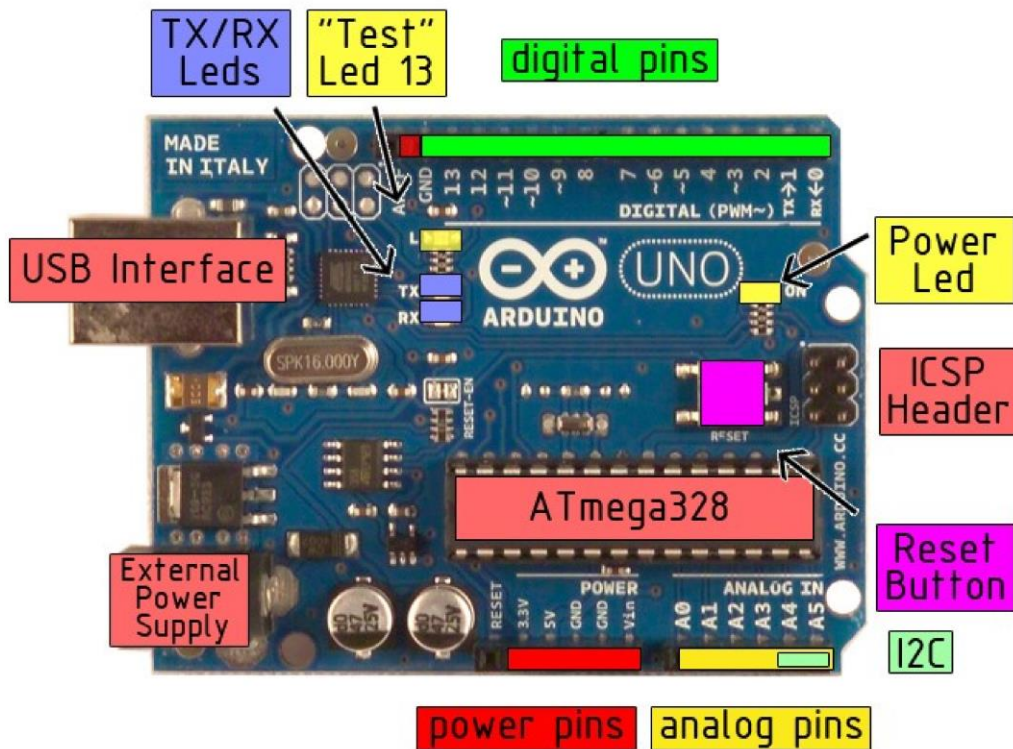
**radiospares**

**RADIONICS**



Microcontroller	ATmega328	
Operating Voltage	5V Input Voltage (recommended) 7-12V	
	Input Voltage(limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)	
Analog Input Pins	6	
DC Current per I/O Pin	40 mA DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader	
SRAM	2KB	
EEPROM	1KB	
Clock Speed	16MHz	

the board



radiospares

RADIONICS



## Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50mA.
- **GND.** Ground pins.

## Memory

The Atmega328 has 32 KB of flash memory for storing code (of which 0.5 KB is used for the bootloader); It has also 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

## Input and Output



**radiospares**

**RADIONICS**



ALLIED ELECTRONICS  
AN ELECTRONIC COMPONENTS COMPANY

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **I<sup>2</sup>C: 4 (SDA) and 5 (SCL).** Support I<sup>2</sup>C (TWI) communication using the [Wire library](#).
- There are a couple of other pins on the board:
- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
  - **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX)

and 1 (TX). An ATmega8U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual COM port to software on the computer. The 8U2 firmware uses the standard USB

COM drivers, and no external driver is needed. However, on Windows, an \*.inf file is required.

The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-

serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins. The ATmega328 also supports I<sup>2</sup>C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I<sup>2</sup>C bus; see the [documentation](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega328 datasheet.

## Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno w/ ATmega328" from the **Tools** > **Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#). The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega8U2 firmware source code is available. The ATmega8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by connecting the solder jumper



radiospares

RADIONICS



ALLIED ELECTRONICS  
AN ELECTROCOMPONENTS COMPANY

on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2. You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFUbootloader).



**radiospares**

**RADIONICS**



ALLIED ELECTRONICS  
AN ELECTROCOMPONENTS COMPANY



## Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega328P via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

## USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

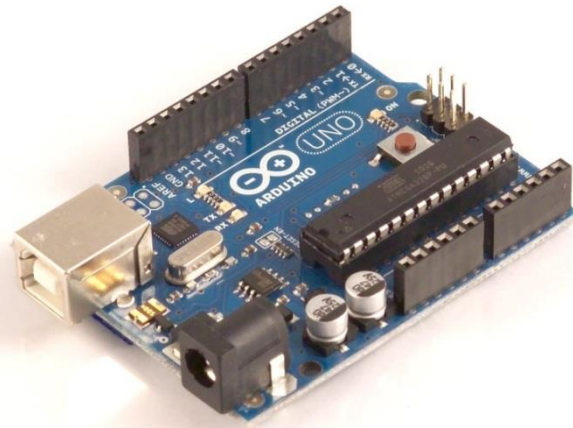


**radiospares**

**RADIONICS**







The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

## How to use Arduino



Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the [Arduino programming language](#) (based on [Wiring](#)) and the Arduino development environment (based on [Processing](#)). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software on running on a computer (e.g. Flash, Processing, MaxMSP).



**radiospares**

**RADIONICS**



repository.ub.ac.id

Arduino is a cross-platform program. You'll have to follow different instructions for your personal OS. Check on the [Arduino site](http://arduino.cc/en/Guide/HomePage) for the latest instructions.<http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>

**Linux Install**

**Windows Install**

**Mac Install**

Once you have downloaded/unzipped the arduino IDE, you can plug the Arduino to your PC via USB cable.

### Blink led

Now you're actually ready to "burn" your first program on the arduino board. To select "blink led", the physical translation of the well known programming "hello world", select

**File>Sketchbook>Arduino-0017>Examples>Digital>Blink**

Once you have your sketch you'll see something very close to the screenshot on the right.

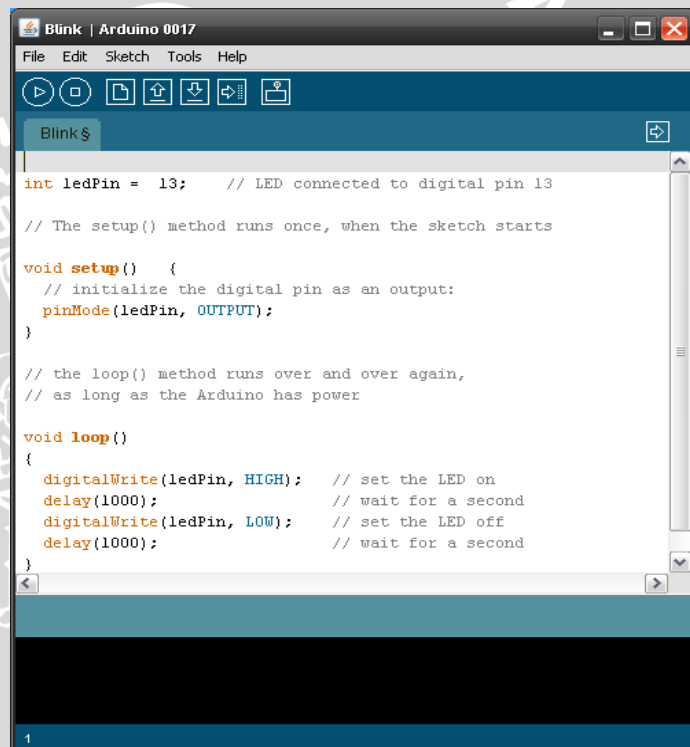
In

**Tools>Board** select

Now you have to go to

**Tools>SerialPort**

and select the right serial port, the one arduino is attached to.



```
Arduino IDE - Blink | Arduino 0017
File Edit Sketch Tools Help
Blink $
int ledPin = 13; // LED connected to digital pin 13
// The setup() method runs once, when the sketch starts
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output:
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}
// the loop() method runs over and over again,
// as long as the Arduino has power
void loop()
{
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // set the LED on
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(ledPin, LOW); // set the LED off
  delay(1000); // wait for a second
}
```



**radiospares**

**RADIONICS**





Done compiling.

Press Compile button  
(to check for errors)



Upload

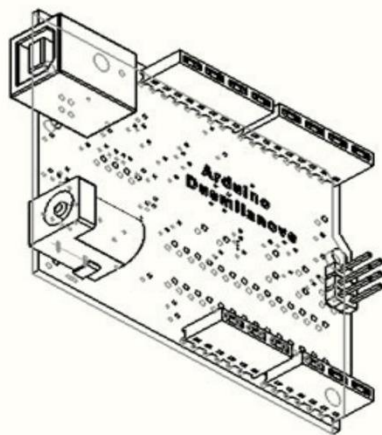
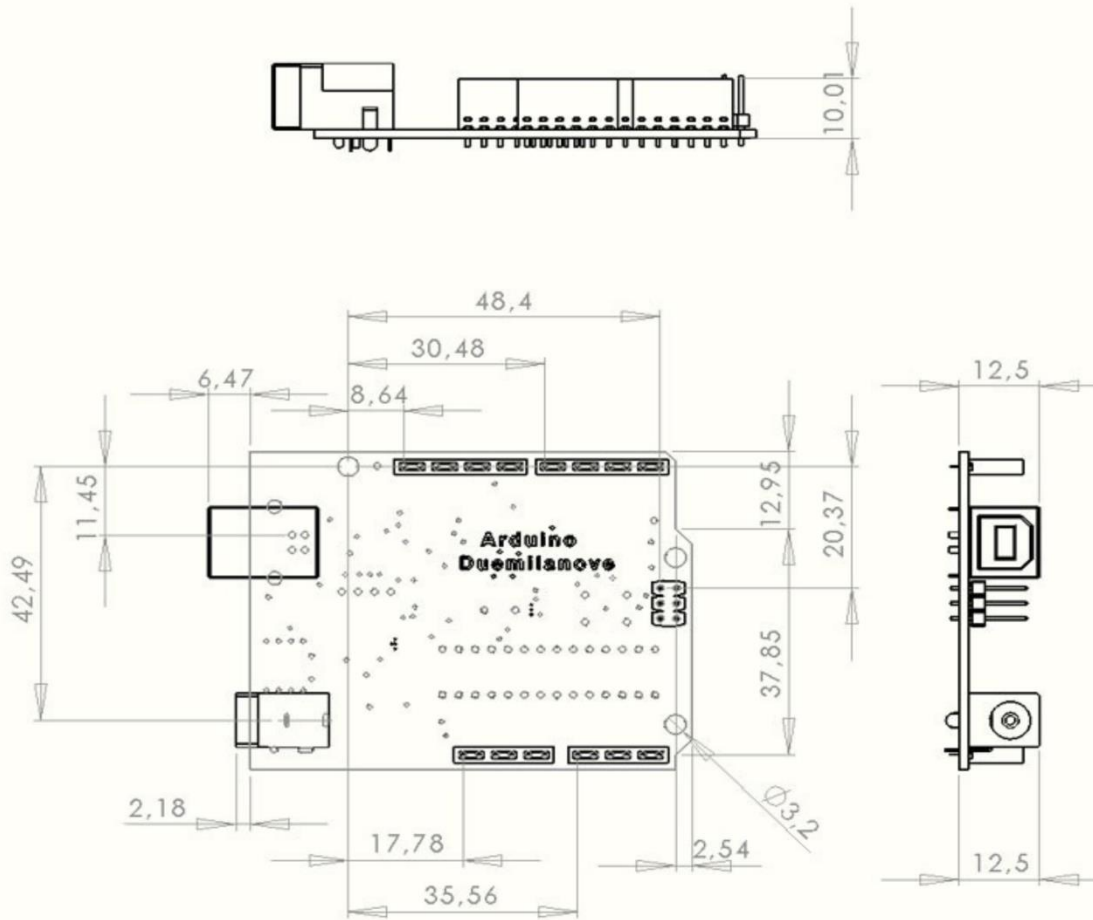


TX RX Flashing



Blinking Led!

### Dimensioned Drawing



radiospares

RADIONICS



# Terms & Conditions



## 1. Warranties

- 1.1 The producer warrants that its products will conform to the Specifications. This warranty lasts for one (1) years from the date of the sale. The producer shall not be liable for any defects that are caused by neglect, misuse or mistreatment by the Customer, including improper installation or testing, or for any products that have been altered or modified in any way by a Customer. Moreover, The producer shall not be liable for any defects that result from Customer's design, specifications or instructions for such products. Testing and other quality control techniques are used to the extent the producer deems necessary.
- 1.2 If any products fail to conform to the warranty set forth above, the producer's sole liability shall be to replace such products. The producer's liability shall be limited to products that are determined by the producer not to conform to such warranty. If the producer elects to replace such products, the producer shall have a reasonable time to replacements. Replaced products shall be warranted for a new full warranty period.
- 1.3 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, PRODUCTS ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." THE PRODUCER DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE
- 1.4 Customer agrees that prior to using any system that includes the producer products, Customer will test such systems and the functionality of the products as used in such systems. The producer may provide technical, applications or design advice, quality characterization, reliability data or other services.

Customer acknowledges and agrees that providing these services shall not expand or otherwise alter the producer's warranties, as set forth



above, and no additional obligations or liabilities shall arise from the producer providing such services.

1.5 The Arduino® products are not authorized for use in safety-critical applications where a failure of the product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death. Safety-Critical Applications include, without limitation, life support devices and systems, equipment or systems for the operation of nuclear facilities and weapons systems. Arduino® products are neither designed nor intended for use in military or aerospace applications or environments and for automotive applications or environment. Customer acknowledges and agrees that any such use of Arduino® products which is solely at the Customer's risk, and that Customer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

1.6 Customer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products and any use of Arduino® products in Customer's applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by the producer.

## 2. Indemnification

The Customer acknowledges and agrees to defend, indemnify and hold harmless the producer from and against any and all third-party losses, damages, liabilities and expenses it incurs to the extent directly caused by: (i) an actual breach by a Customer of the representation and warranties made under this terms and conditions or (ii) the gross negligence or willful misconduct by the Customer.

## 3. Consequential Damages Waiver

In no event the producer shall be liable to the Customer or any third parties for any special, collateral, indirect, punitive, incidental, consequential or exemplary damages in connection with or arising out of the products provided hereunder, regardless of whether the producer has been advised of the possibility of such damages. This section will survive the termination of the warranty period.



**radiospares**

**RADIONICS**



4. **Changes to specifications**

The producer may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." The producer reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information.



**Environmental Policies**



The producer of Arduino™ has joined the Impatto Zero® policy of LifeGate.it. For each Arduino board produced is created / looked after half squared Km of Costa Rica's forest's.



**radiospares**

**RADIONICS**





## LAMPIRAN 4

SENSOR SHT 11 | DATA SHEET



*radiospares*

**RADIONICS**



# Datasheet SHT1x (SHT10, SHT11, SHT15)



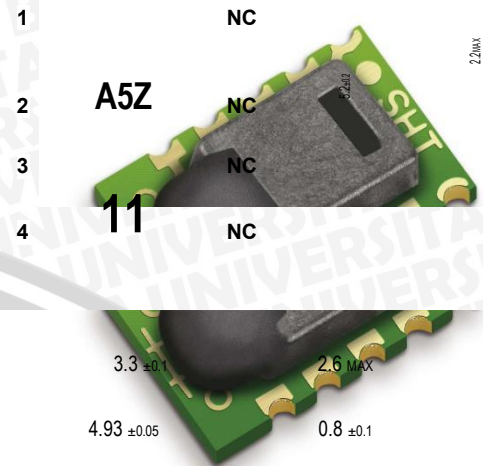
## Humidity and Temperature Sensor IC

Fully calibrated  
Digital output

Low power consumption

Excellent long term stability

SMD type package – reflow solderable

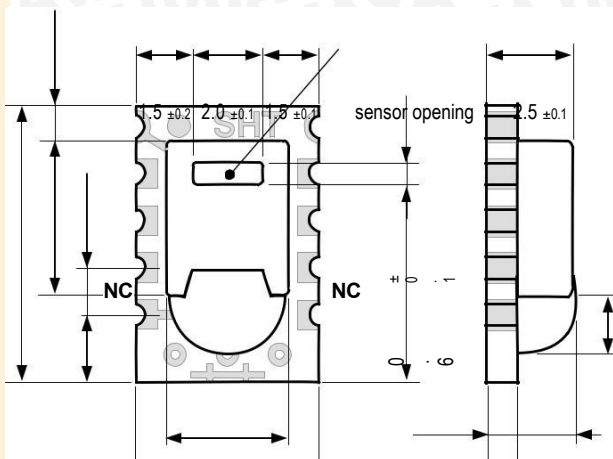


### Product Summary

**Figure 1:** Drawing of SHT1x sensor packaging, dimensions in mm (1mm = 0.039inch). Sensor label gives “11” for SHT11 as an example. Contacts are assigned as follows: 1:GND, 2:DATA, 3:SCK, 4:VDD.

SHT1x (including SHT10, SHT11 and SHT15) is Sensirion’s family of surface mountable relative humidity and temperature sensors. The sensors integrate sensor elements plus signal processing on a tiny foot print and provide a fully calibrated digital output. A unique capacitive sensor element is used for measuring relative humidity while temperature is measured by a band-gap sensor. The applied CMOSens® technology guarantees excellent reliability and long term stability. Both sensors are seamlessly coupled to a 14bit analog to digital converter and a serial interface circuit. This results in superior signal quality, a fast response time and insensitivity to external disturbances (EMC).

### Dimensions



RES RADIONICS





soldering processes. The same sensor is also available with pins (SHT7x) or on flex print (SHTA1).

### Sensor Chip

SHT1x V4 – for which this datasheet applies – features a version 4 Silicon sensor chip. Besides the humidity and temperature sensors the chip contains an amplifier, A/D converter, OTP memory and a digital interface. V4 sensors can be identified by the alpha-numeric traceability code on the sensor cap – see example “A5Z” code on Figure 1.

### Material Contents

While the sensor is made of a CMOS chip the sensor housing consists of an LCP cap with epoxy glob top on an FR4 substrate. The device is fully RoHS and WEEE compliant, thus it is free of Pb, Cd, Hg, Cr(6+), PBB and PBDE.

### Evaluation Kits

Each SHT1x is individually calibrated in a precision humidity chamber. The calibration coefficients are programmed into an OTP memory on the chip. These coefficients are used to internally calibrate the signals from the sensors. The 2-wire serial interface and internal voltage regulation allows for easy and fast system integration. The tiny size and low power consumption makes SHT1x the ultimate choice for even the most demanding applications.

For sensor trial measurements, for qualification of the sensor or even experimental application (data logging) of the sensor there is an evaluation kit *EK-H4* available including SHT71 (same sensor chip as SHT1x) and 4 sensor channels, hard and software to interface with a computer. For other evaluation kits please check [www.sensirion.com/humidity](http://www.sensirion.com/humidity).

SHT1x is supplied in a surface-mountable LCC (Leadless Chip Carrier) which is approved for standard reflow



radiospares

RADIONICS



# Sensor Performance

Relative Humidity

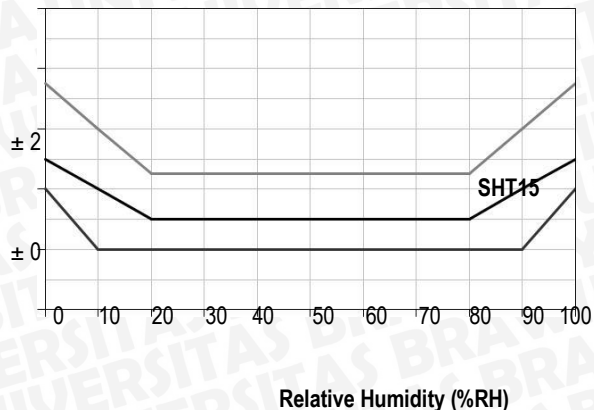


Figure 2: Maximal RH-tolerance at 25°C per sensor type.

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution <sup>1</sup>		0.4	0.05	0.05	%RH
		8	12	12	bit
Accuracy <sup>2</sup> SHT10	typical		±4.5		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy <sup>2</sup> SHT11	typical		±3.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy <sup>2</sup> SHT15	typical		±2.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Repeatability			±0.1		%RH
Hysteresis			±1		%RH
Non-linearity	linearized		<<1		%RH
Response time <sup>3</sup>	$\tau$ (63%)		8		s
Operating Range		0		100	%RH
Long term drift <sup>4</sup>	normal		< 0.5		%RH/yr



± 10

± 8

± 6

SHT10

± 4



SHT11

**radiospares**

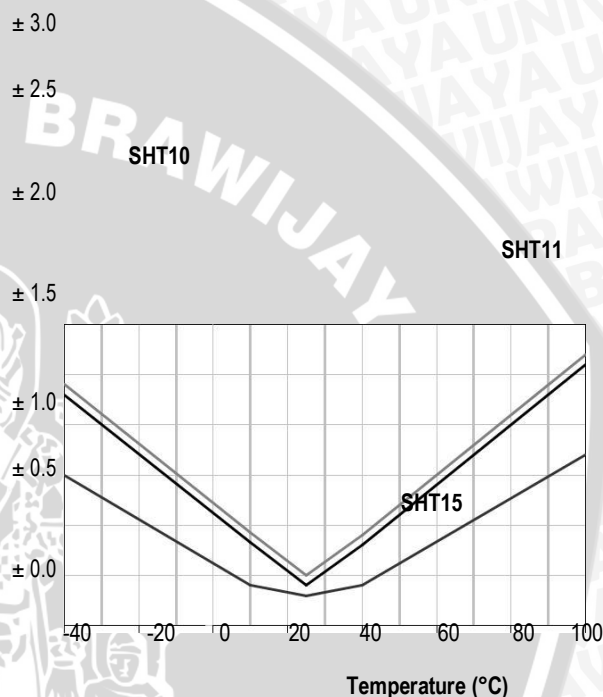
**RADIONICS**



**Temperature**

		-40	254.9	°F
Response Time <sup>6</sup>	$\tau$ (63%)	5	30	s
Long term drift		< 0.04		°C/yr

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution <sup>1</sup>		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
Accuracy <sup>2</sup> SHT10	typical		±0.5		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy <sup>2</sup> SHT11	typical		±0.4		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy <sup>2</sup> SHT15	typical		±0.3		°C
	maximal	see Figure 3			
Repeatability			±0.1		°C
Operating Range		-40		123.8	°C



**Figure 3:** Maximal T-tolerance per sensor type.

Storage	10 – 50°C (0 – 125°C peak), 20 – 60%RH
---------	--

**Electrical and General Items**

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Source Voltage		2.4	3.3	5.5	V
Power	sleep		2	5	NW
	measuring		3		mW
Consumption <sup>5</sup>	average		90		NW
Communication	digital 2-wire interface, see Communication				

<sup>1</sup> The default measurement resolution of is 14bit for temperature and 12bit for humidity. It can be reduced to 12/8bit by command to status register.

<sup>2</sup> Accuracies are tested at Outgoing Quality Control at 25°C (77°F) and 3.3V. Values exclude hysteresis and are applicable to non-condensing environments only.

<sup>3</sup> Time for reaching 63% of a step function, valid at 25°C and 1 m/s airflow.



## Packaging Information

Sensor Type	Packaging	Quantity	Order Number
SHT10	Tape & Reel	2000	1-100218-04
SHT11	Tape & Reel	100	1-100051-04
	Tape & Reel	400	1-100098-04
	Tape & Reel	2000	1-100524-04
SHT15	Tape & Reel	100	1-100085-04
	Tape & Reel	400	1-100093-04

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

<sup>4</sup> Value may be higher in environments with high contents of volatile organic compounds. See Section 1.3 of Users Guide.

<sup>5</sup> Values for VDD=3.3V at 25°C, average value at one 12bit measurement per second.

<sup>6</sup> Response time depends on heat capacity of and thermal resistance to sensor substrate.



**radiospares**

**RADIONICS**



# Users Guide SHT1x

## 1 Application Information

### 1.1 Operating Conditions

Sensor works stable within recommended normal range – see Figure 4. Long term exposures to conditions outside normal range, especially at humidity >80%RH, may temporarily offset the RH signal (+3 %RH after 60h). After return to normal range it will slowly return towards calibration state by itself. See Section 1.4 “Reconditioning Procedure” to accelerate eliminating the offset. Prolonged exposure to extreme conditions may accelerate ageing.

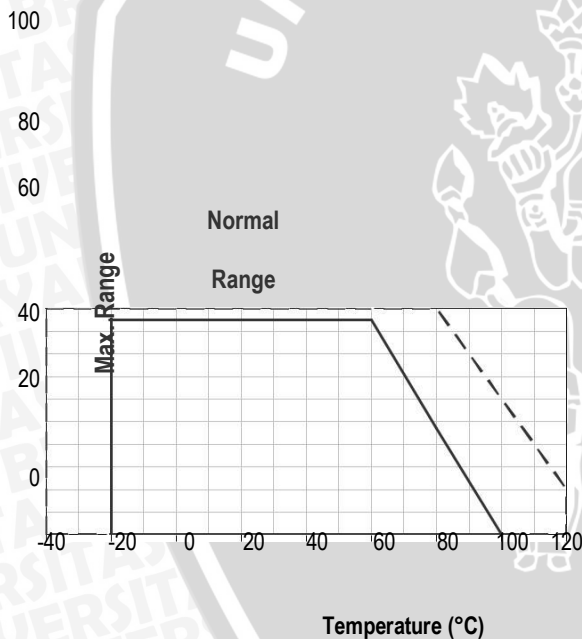


Figure 4: Operating Conditions

### 1.2 Soldering instructions

For soldering SHT1x standard reflow soldering ovens may be used. The sensor is qualified to withstand soldering profile according to IPC/JEDEC J-STD-020D with peak temperatures at 260°C during up to 40sec including Pb-free assembly in IR/Convection reflow ovens.

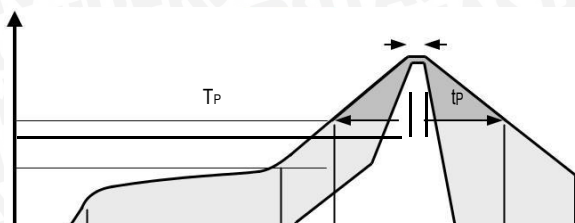
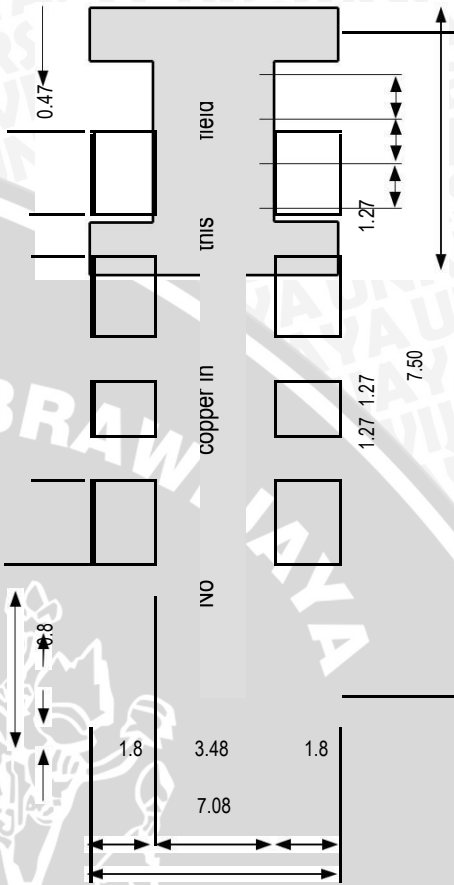


Figure 5: Soldering profile according to JEDEC standard.  $T_P \leq 260^\circ\text{C}$  and  $t_P < 40\text{sec}$  for Pb-free assembly.  $T_L < 220^\circ\text{C}$  and  $t_L < 150\text{sec}$ . Ramp-up/down speeds shall be  $< 5^\circ\text{C}/\text{sec}$ .

For soldering in Vapor Phase Reflow (VPR) ovens the peak conditions are limited to  $T_P < 233^\circ\text{C}$  during  $t_P < 60\text{sec}$  and ramp-up/down speeds shall be limited to  $10^\circ\text{C}/\text{sec}$ . For manual soldering contact time must be limited to 5 seconds at up to  $350^\circ\text{C}$ <sup>7</sup>.

<sup>7</sup>  $233^\circ\text{C} = 451^\circ\text{F}$ ,  $260^\circ\text{C} = 500^\circ\text{F}$ ,  $350^\circ\text{C} = 662^\circ\text{F}$

Figure 6: Rear side electrodes of sensor, view from top side.



IMPORTANT: After soldering the devices should be stored at >75%RH for at least 12h to allow the polymer to re-hydrate. Otherwise the sensor may read an offset that slowly disappears if exposed to ambient conditions. Alternatively the re-hydration process may be performed at ambient conditions (>40%RH) during more than 5 days.

In no case, neither after manual nor reflow soldering, a board wash shall be applied. Therefore it is strongly recommended to use “no-clean” solder paste. In case of application with exposure of the sensor to corrosive gases or condensed water (i.e. environments with high relative humidity) the soldering pads shall be sealed (e.g. conformal coating) to prevent loose contacts or short cuts.

For the design of the SHT1x footprint it is recommended to use dimensions according to Figure 7. Sensor pads are coated with 35µm Cu, 5µm Ni and 0.1µm Au.

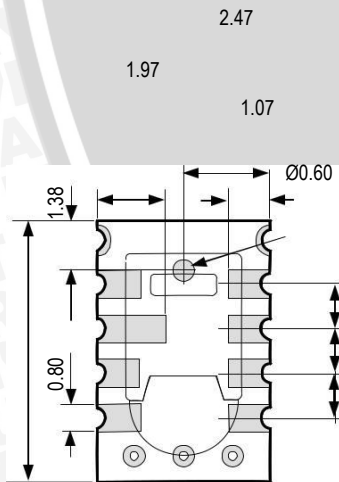


Figure 7: Recommended footprint for SHT1x. Values in mm.

### 1.3 Storage Conditions and Handling Instructions

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 concentration in combination with long exposure times may offset the sensor reading.

For these reasons 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 (0 – 125°C for limited time) 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 metal-in PE-HD<sup>8</sup>.

In manufacturing and transport the sensors shall be prevented of high concentration of chemical solvents and long exposure times. Out-gassing of glues, adhesive tapes and stickers or out-gassing packaging material such as bubble foils, foams, etc. shall be avoided. Manufacturing area shall be well ventilated.

**Figure 8:** Top view of example of mounted SHT1x with slits milled into PCB to minimize heat transfer.

For more detailed information please consult the document “*Handling Instructions*” or contact Sensirion.

**1.4 Reconditioning Procedure**

As stated above extreme conditions or exposure to solvent vapors may offset the sensor. The following reconditioning procedure may bring the sensor back to calibration state:

Baking: 100 – 105°C at < 5%RH for 10h

Re-Hydration: 20 – 30°C at ~ 75%RH for 12h<sup>9</sup>.

- 8 For example, 3M antistatic bag, product “1910” with zipper .
  - 9 75%RH can conveniently be generated with saturated NaCl solution.
- 100 – 105°C correspond to 212 – 221°F, 20 – 30°C correspond to 68 – 86°F

**1.5 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 is 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 SHT1x shares a PCB with electronic components that produce heat it should be mounted in a way that prevents heat transfer or keeps it as low as possible. Measures to reduce heat transfer can be ventilation, reduction of copper layers between the SHT1x and the rest of the PCB or milling a slit into the PCB around the sensor (see Figure 8).



PCB

Furthermore, there are self-heating effects in case the measurement frequency is too high. Please refer to Section 3.3 for detailed information.

Melted plastic pin

### 1.6 Light

The SHT1x is not light sensitive. Prolonged direct exposure to sunshine or strong UV radiation may age the housing.

**Figure 9:** Side view of SF1 filter cap mounted between PCB and housing wall. Volume below membrane is kept minimal.

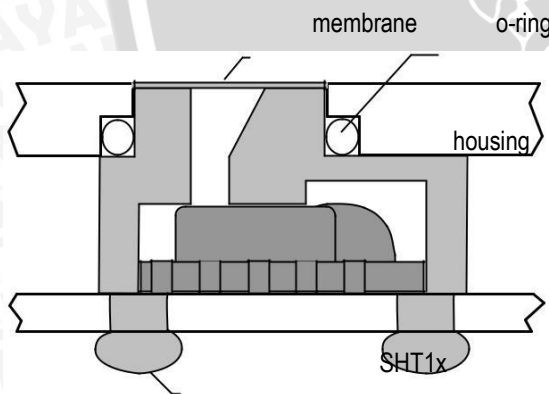
### 1.7 Membranes

SHT1x does not contain a membrane at the sensor opening. However, a membrane may be added to prevent dirt and droplets from entering the housing and to protect the sensor. It will also reduce peak concentrations of chemical vapors. For optimal response times the air volume behind the membrane must be kept minimal. Sensirion recommends and supplies the SF1 filter cap for optimal IP54 protection (for higher protection – i.e. IP67 - SF1 must be sealed to the PCB with epoxy). Please compare Figure 9.

### 1.8 Materials Used for Sealing / Mounting

Many materials absorb humidity and will act as a buffer increasing response times and hysteresis. Materials in the vicinity of the sensor must therefore be carefully chosen. Recommended materials are: Any metals, LCP, POM (Delrin), PTFE (Teflon), PE, PEEK, PP, PB, 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 SHT1x (see Section 1.3). Therefore try to add the sensor as a last manufacturing step to the assembly, store the assembly well ventilated after manufacturing or bake at >50°C for 24h to outgas contaminants before packing.



### 1.9 Wiring Considerations and Signal Integrity

Carrying the SCK and DATA signal parallel and in close proximity (e.g. in wires) for more than 10cm may result in cross talk and loss of communication. This may be



resolved by routing VDD and/or GND between the two data signals and/or using shielded cables. Furthermore, slowing down SCK frequency will possibly improve signal integrity. Power supply pins (VDD, GND) must be decoupled with a 100nF capacitor if wires are used. Capacitor should be placed as close to the sensor as possible. Please see the Application Note “ESD, Latch-up and EMC” for more information.

The serial interface of the SHT1x is optimized for sensor readout and effective power consumption. The sensor cannot be addressed by I<sup>2</sup>C protocol; however, the sensor can be connected to an I<sup>2</sup>C bus without interference with other devices connected to the bus. The controller must switch between the protocols.

### 1.10 ESD (Electrostatic Discharge)

ESD immunity is qualified according to MIL STD 883E, method 3015 (Human Body Model at ±2 kV).

Latch-up immunity is provided at a force current of ±100mA with T<sub>amb</sub> = 80°C according to JEDEC78A. See Application Note “ESD, Latch-up and EMC” for more information.

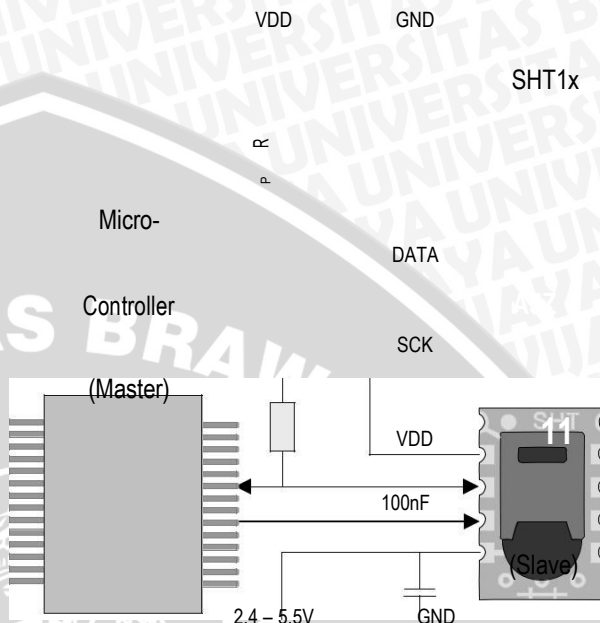


Figure 10: Typical application circuit, including pull up resistor R<sub>P</sub> and decoupling of VDD and GND by a capacitor.

## 2 Interface Specifications

Pin	Name	Comment	NC
1	GND	Ground	1
2	DATA	Serial Data, bidirectional	2
3	SCK	Serial Clock, input only	3
4	VDD	Source Voltage	4
NC	NC	Must be left unconnected	NC

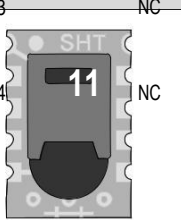


Table 1: SHT1x pin assignment, NC remain floating.

### 2.1 Power Pins (VDD, GND)

The supply voltage of SHT1x must be in the range of 2.4 – 5.5V, recommended supply voltage is 3.3V. Power supply pins Supply Voltage (VDD) and Ground (GND) must be decoupled with a 100 nF capacitor – see Figure 10.

## 2.2 Serial clock input (SCK)

SCK is used to synchronize the communication between microcontroller and SHT1x. Since the interface consists of fully static logic there is no minimum SCK frequency.

## 2.3 Serial data (DATA)

The DATA tri-state pin is used to transfer data in and out of the sensor. For sending a command to the sensor, DATA is valid on the rising edge of the serial clock (SCK) and must remain stable while SCK is high. After the falling edge of SCK the DATA value may be changed. For safe communication DATA valid shall be extended  $T_{SU}$  and  $T_{HO}$  before the rising and after the falling edge of SCK, respectively – see Figure 11. For reading data from the sensor, DATA is valid  $T_V$  after SCK has gone low and remains valid until the next falling edge of SCK.

To avoid signal contention the microcontroller must only drive DATA low. An external pull-up resistor (e.g. 10k $\Omega$ ) is required to pull the signal high – it should be noted that pull-up resistors may be included in I/O circuits of microcontrollers. See Table 2 for detailed I/O characteristic of the sensor.

## 2.4 Electrical Characteristics

The electrical characteristics such as power consumption, low and high level input and output voltages depend on the supply voltage. Table 2 gives electrical characteristics of SHT1x with the assumption of 5V supply voltage if not stated otherwise.

Supply current	average <sup>11</sup>	2	28		NA
	sleep		0.3	1.5	NA
Low level output voltage	$I_{OL} < 4 \text{ mA}$	0		250	mV
High level output voltage	$R_P < 25 \text{ k}\Omega$	90%		100%	VDD
Low level input voltage	Negative going	0%		20%	VDD
High level input voltage	Positive going	80%		100%	VDD
Input current on pads				1	NA
Output current	on			4	mA
	Tri-stated (off)		10	20	NA

**Table 2:** SHT1x DC characteristics.  $R_P$  stands for pull up resistor, while  $I_{OL}$  is low level output current.

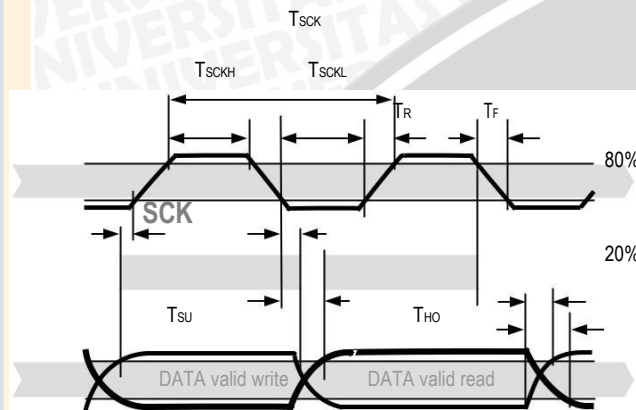
Parameter	Conditions	min	typ	max	Units
Power supply DC <sup>10</sup>		2.4	3.3	5.5	V
	measuring		0.55	1	mA

<sup>10</sup> Recommended voltage supply for highest accuracy is 3.3V, due to sensor calibration.

<sup>11</sup> Minimum value with one measurement of 8bit resolution without OTP reload per second. Typical value with one measurement of 12bit resolution per second.

Absolute maximum ratings for VDD versus GND are +7V and -0.3V. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect the sensor reliability (e.g. hot carrier degradation, oxide breakdown). For proper communication with the sensor it is essential to make sure that signal design is strictly within the limits given in Table 3 and Figure 11.

T <sub>RO</sub>	DATA rise time	**	**	**	ns
T <sub>V</sub>	DATA valid time	200	250	***	ns
T <sub>SU</sub>	DATA setup time	100	150	***	ns
T <sub>HO</sub>	DATA hold time	10	15	****	ns



- \*  $T_{R\_max} + T_{F\_max} = (F_{SCK})^{-1} - T_{SCKH} - T_{SCKL}$
- \*\* T<sub>RO</sub> is determined by the R<sub>P</sub>\*C<sub>bus</sub> time-constant at DATA line
- \*\*\* T<sub>V,max</sub> and T<sub>SU,max</sub> depend on external pull-up resistor (R<sub>P</sub>) and total bus line capacitance (C<sub>bus</sub>) at DATA line
- \*\*\*\* T<sub>HO,max</sub> < T<sub>V</sub> - max (T<sub>RO</sub>, T<sub>FO</sub>)

**Table 3:** SHT1x I/O signal characteristics, OL stands for Output Load, entities are displayed in Figure 11.

DATA

### 3 Communication with Sensor

#### 3.1 Start up Sensor

**Figure 11:** Timing Diagram, abbreviations are explained in Table 3. Bold DATA line is controlled by the sensor, plain DATA line is controlled by the micro-controller. Note that DATA valid read time is triggered by falling edge of anterior toggle.

As a first step the sensor is powered up to chosen supply voltage VDD. The slew rate during power up shall not fall below 1V/ms. After power-up the sensor needs 11ms to get to Sleep State. No commands must be sent before that time.

	Parameter	Conditions	min	typ	max	Units
F <sub>SCK</sub>	SCK Frequency	VDD > 4.5V	0	0.1	5	MHz
		VDD < 4.5V	0	0.1	1	MHz
T <sub>SCKx</sub>	SCK hi/low time		100			ns
T <sub>R</sub> /T <sub>F</sub>	SCK rise/fall time		1	200	*	ns
T <sub>FO</sub>	DATA fall time	OL = 5pF	3.5	10	20	ns
		OL = 100pF	30	40	200	ns



**radiospares**

**RADIONICS**



### 3.2 Sending a Command

To initiate a transmission, a Transmission Start sequence has to be issued. It consists of a lowering of the DATA line while SCK is high, followed by a low pulse on SCK and raising DATA again while SCK is still high – see Figure 12.

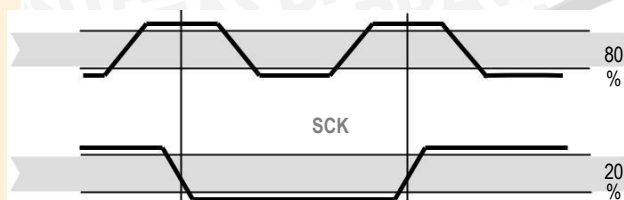


Figure 12: "Transmission Start" sequence

The subsequent command consists of three address bits (only '000' is supported) and five command bits. The SHT1x indicates the proper reception of a command by pulling the DATA pin low (ACK bit) after the falling edge of the 8th SCK clock. The DATA line is released (and goes high) after the falling edge of the 9th SCK clock.

Command	Code
Reserved	0000x

Communication terminates after the acknowledge bit of the CRC data. If CRC-8 checksum is not used the

Measure Temperature	00011
Measure Relative Humidity	00101
Read Status Register	00111
Write Status Register	00110
Reserved	0101x-1110x
Soft reset, resets the interface, clears the status register to default values. Wait minimum 11 ms before next command	11110

Table 4: SHT1x list of commands

### 3.3 Measurement of RH and T

After issuing a measurement command ('00000101' for relative humidity, '00000011' for temperature) the controller has to wait for the measurement to complete. This takes a maximum of 20/80/320 ms for a 8/12/14bit measurement. The time varies with the speed of the internal oscillator and can be lower by up to 30%. To signal the completion of a measurement, the SHT1x pulls data line low and enters Idle Mode. The controller must wait for this Data Ready signal before restarting SCK to readout the data. Measurement data is stored until readout, therefore the controller can continue with other tasks and readout at its convenience.

Two bytes of measurement data and one byte of CRC checksum (optional) will then be transmitted. The micro controller must acknowledge each byte by pulling the DATA line low. All values are MSB first, right justified (e.g. the 5<sup>th</sup> SCK is MSB for a 12bit value, for a 8bit result the first byte is not used).

controller may terminate the communication after the measurement data LSB by keeping ACK high. The device automatically returns to Sleep Mode after measurement and communication are completed.

Important: To keep self heating below 0.1°C, SHT1x should not be active for more than 10% of the time – e.g. maximum one measurement per second at 12bit accuracy shall be made.

### 3.4 Connection reset sequence



If communication with the device is lost the following signal sequence will reset the serial interface: While leaving DATA high, toggle SCK nine or more times – see Figure 13. This must be followed by a Transmission Start sequence preceding the next command. This sequence resets the interface only. The status register preserves its content.

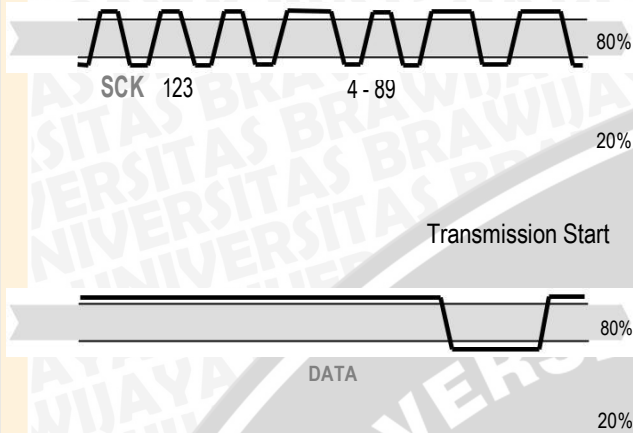


Figure 13: Connection Reset Sequence

### 3.5 CRC Checksum calculation

The whole digital transmission is secured by an 8bit checksum. It ensures that any wrong data can be detected and eliminated. As described above this is an additional feature of which may be used or abandoned. Please consult Application Note “CRC Checksum” for information on how to calculate the CRC.

### 3.6 Status Register

Some of the advanced functions of the SHT1x such as selecting measurement resolution, end-of-battery notice, use of OTP reload or using the heater may be activated by sending a command to the status register. The following section gives a brief overview of these features.

After the command Status Register Read or Status Register Write – see Table 4 – the content of 8 bits of the status register may be read out or written. For the communication compare Figure 14 and Figure 15 – the assignation of the bits is displayed in Table 5.

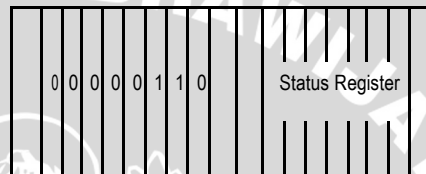
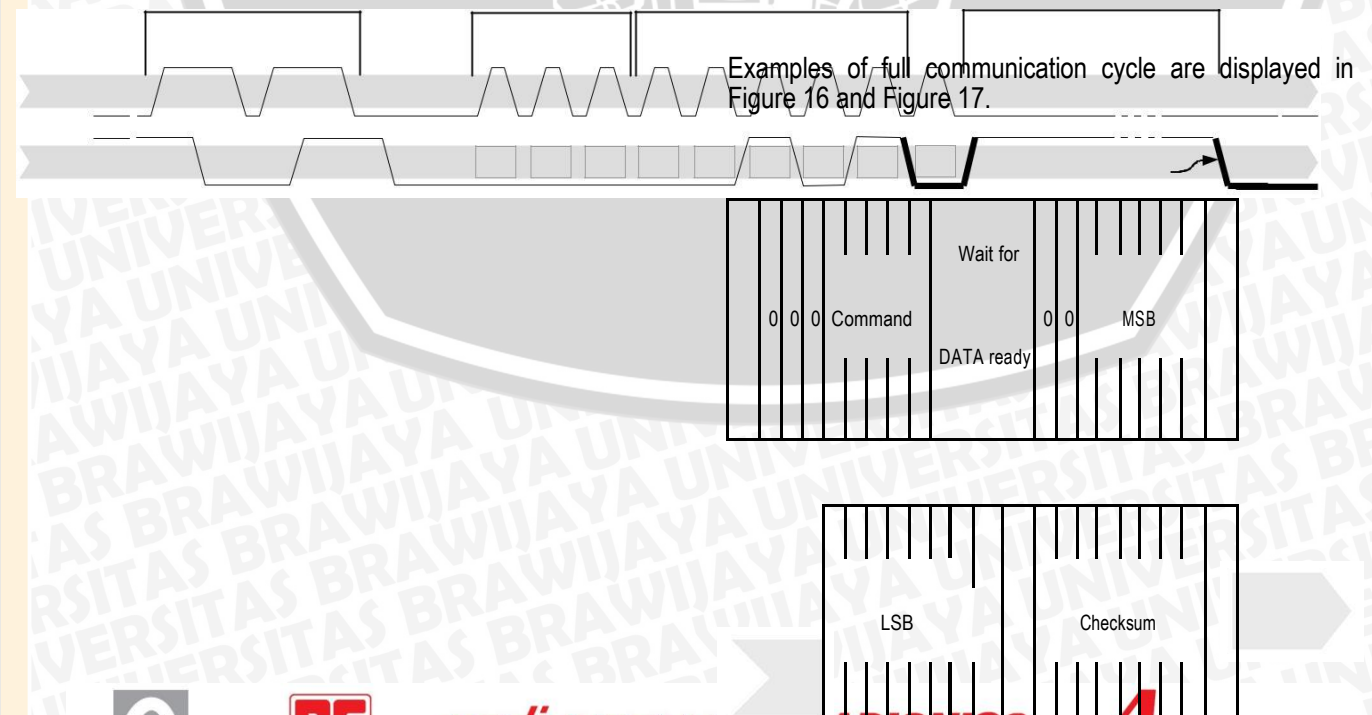


Figure 14: Status Register Write

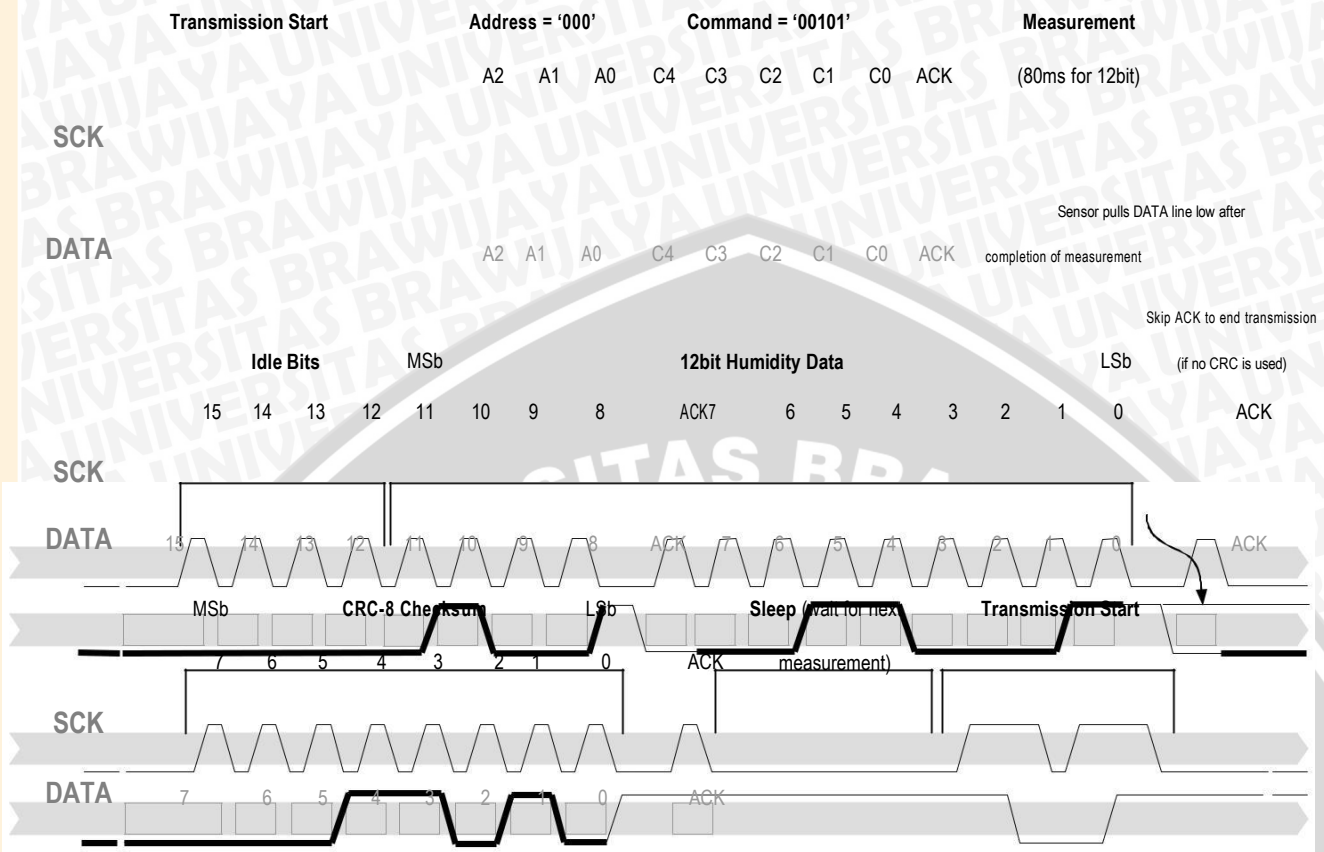


Figure 15: Status Register Read



**Figure 16:** Overview of Measurement Sequence. TS = Transmission Start, MSB = Most Significant Byte, LSB = Last

Significant Byte, LSb = Last Significant Bit.



**Figure 17:** Example RH measurement sequence for value "0000'0100'0011'0001" = 1073 = 35.50%RH (without temperature compensation). DATA valid times are given and referenced in boxes on DATA line. Bold DATA lines are controlled by sensor while plain lines are controlled by the micro-controller.

Bit	Type	Description	Default
7		reserved	0
6	R	End of Battery (low voltage detection) '0' for VDD > 2.47 '1' for VDD < 2.47	No default value, bit is only updated after a measurement
5		reserved	0
4		reserved	0
3		For Testing only, do not use	0
2	R/W	Heater	0 off
1	R/W	no reload from OTP	0 reload
0	R/W	'1' = 8bit RH / 12bit Temp. resolution '0' = 12bit RH / 14bit Temp. resolution	0 12bit RH 14bit Temp.

**Table 5:** Status Register Bits

**Measurement resolution:** The default measurement resolution of 14bit (temperature) and 12bit (humidity) can be reduced to 12 and 8bit. This is especially useful in high speed or extreme low power applications.

**End of Battery** function detects and notifies VDD voltages below 2.47V. Accuracy is ±0.05V.

**Heater:** An on chip heating element can be addressed by writing a command into status register. The heater may increase the temperature of the sensor by 5 – 10°C<sup>12</sup> beyond ambient temperature. The heater draws roughly 8mA @ 5V supply voltage.

For example the heater can be helpful for functionality analysis: Humidity and temperature readings before and after applying the heater are compared. Temperature shall increase while relative humidity decreases at the same time. Dew point shall remain the same.

Please note: The temperature reading will display the temperature of the heated sensor element and not ambient temperature. Furthermore, the sensor is not qualified for continuous application of the heater.

**OTP reload:** With this operation the calibration data is uploaded to the register before each measurement. This may be deactivated for reducing measurement time by about 10ms.

## 4 Conversion of Signal Output

### 4.1 Relative Humidity

For compensating non-linearity of the humidity sensor – see Figure 18 – and for obtaining the full accuracy of the sensor it is recommended to convert the humidity readout

<sup>12</sup> Corresponds to 9 – 18°F

Figure 18: Conversion from SO<sub>RH</sub> to relative humidity

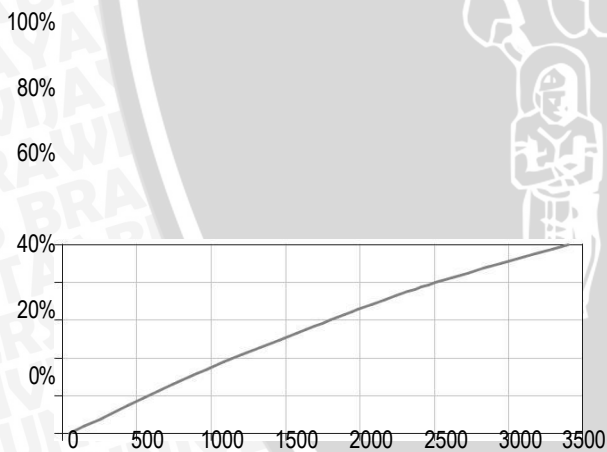
(SO<sub>RH</sub>) with the following formula with coefficients given in Table 6:

$$RH_{linear} = c_1 + c_2 \times SO_{RH} + c_3 \times SO_{RH}^2 \quad (\%RH)$$

SO <sub>RH</sub>	C1	C2	C3
12 bit	-2.0468	0.0367	-1.5955E-6
8 bit	-2.0468	0.5872	-4.0845E-4

Table 6: Humidity conversion coefficients

Values higher than 99% RH indicate fully saturated air and must be processed and displayed as 100%RH<sup>13</sup>. Please note that the humidity sensor has no significant voltage dependency.



SO<sub>RH</sub> sensor readout (12bit)

#### 4.2 Temperature compensation of Humidity Signal

For temperatures significantly different from 25°C (~77°F) the humidity signal requires temperature compensation. The temperature correction corresponds roughly to 0.12%RH/°C @ 50%RH. Coefficients for the temperature compensation are given in Table 7.

$$RH_{true} = (T_{°C} - 25) \times (t_1 + t_2 \times SO_{RH}) + RH_{linear}$$

SO <sub>RH</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>
12 bit	0.01	0.00008
8 bit	0.01	0.00128

Table 7: Temperature compensation coefficients

#### 4.3 Temperature

The band-gap PTAT (Proportional To Absolute Temperature) temperature sensor is very linear by design. Use the following formula to convert digital readout (SO<sub>T</sub>) to temperature value, with coefficients given in Table 8:

$$T = d_1 + d_2 \times SO_T$$

<sup>13</sup> If wetted excessively (strong condensation of water on sensor surface), sensor output signal can drop below 100%RH (even below 0%RH in some cases), but the sensor will recover completely when water droplets evaporate. The sensor is not damaged by water immersion or condensation.



VDD	d <sub>1</sub> (°C)	d <sub>1</sub> (°F)
5V	-40.1	-40.2
4V	-39.8	-39.6
3.5V	-39.7	-39.5
3V	-39.6	-39.3
2.5V	-39.4	-38.9

SO <sub>T</sub>	d <sub>2</sub> (°C)	d <sub>2</sub> (°F)
14bit	0.01	0.018
12bit	0.04	0.072

temperature grade 2 test conditions listed in Table 10<sup>14</sup>. Sensor performance under other test conditions cannot be guaranteed and is not part of the sensor specifications. Especially, no guarantee can be given for sensor performance in the field or for customer's specific application.

Please contact Sensirion for detailed information.

**Table 8:** Temperature conversion coefficients.

Above water, 0 – 50°C	243.12	17.62
Above ice, -40 – 0°C	272.62	22.46

#### 4.4 Dew Point

SHT1x is not measuring dew point directly, however dew point can be derived from humidity and temperature readings. Since humidity and temperature are both measured on the same monolithic chip, the SHT1x allows superb dew point measurements.

**Table 9:** Parameters for dew point (T<sub>d</sub>) calculation.

Please note that “ln(...)” denotes the natural logarithm. For RH and T the linearized and compensated values for relative humidity and temperature shall be applied.

For dew point (T<sub>d</sub>) calculations there are various formulas to be applied, most of them quite complicated. For the temperature range of -40 – 50°C the following approximation provides good accuracy with parameters given in Table 9:

For more information on dew point calculation see Application Note “Introduction to Humidity”.

$$T_d(RH, T) = T_n \times \frac{\ln \frac{RH}{100\%} + \frac{m \times T}{T_n + T}}{m - \ln \frac{RH}{100\%} - \frac{m \times T}{T_n + T}}$$

## 5 Environmental Stability

If sensors are qualified for assemblies or devices, 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”.

Temperature Range	T <sub>n</sub> (°C)	m

The SHT1x sensor series were tested according to AEC-Q100 Rev. C qualification test method. Sensor specifications are tested to prevail under the AEC-Q100



Environment	Standard	Results <sup>15</sup>
HTSL	125°C, 1000 hours	Within specifications
TC	-50°C - 125°C, 1000 cycles Acc. JESD22-A104-C	Within specifications
UHST	130°C / 85%RH / ≈2.3bar, 96h	Within specifications
THU	85°C / 85%RH, 1000h	Within specifications
ESD immunity	MIL STD 883E, method 3015 (Human Body Model at ±2kV)	Qualified
Latch-up	force current of ±100mA with T <sub>amb</sub> = 80°C, acc. JEDEC 17	Qualified

**Table 10:** Qualification tests: HTSL = High Temperature Storage Lifetime, TC = Temperature Cycles, UHST = Unbiased Highly accelerated Stress Test, THB = Temperature Humidity Unbiased

## 6 Packaging

### 6.1 Packaging type

SHT1x are supplied in a surface mountable LCC (Leadless Chip Carrier) type package. The sensor housing consists of a Liquid Crystal Polymer (LCP) cap with epoxy glob top on a standard 0.8mm FR4 substrate. The device is fully RoHS and WEEE compliant – it is free of Pb, Cd, Hg, Cr(6+), PBB and PBDE.

Device size is 7.47 x 4.93 x 2.5 mm (0.29 x 0.19 x 0.1 inch), see Figure 1, weight is 100 mg.

### 6.2 Traceability Information

All SHT1x are marked with an alphanumeric, three digit code on the chip cap – see “A5Z” on Figure 1. The lot numbers allow full traceability through production, calibration and testing. No information can be derived from the code directly; respective data is stored at Sensirion and is provided upon request.

Labels on the reels are displayed in Figures 19 and 20, they both give traceability information.

<sup>14</sup> Sensor operation temperature range is -40 to 105°C according to AEC-Q100 temperature grade 2.

<sup>15</sup> According to accuracy and long term drift specification given on Page 2.

Datasheet SHT1x

SHT1x are shipped in 12mm tape at 100pcs, 400pcs and 2000pcs – for details see Figure 21 and Table 11. Reels

Lot No.:	XX0-NN-YRRRTTTTT
Quantity:	RRR
RoHS:	Compliant

Lot No.

**Figure 19:** First label on reel: XX = Sensor Type (11 for SHT11), NN = Chip Version (04 for V4), Y = last digit of year, RRR = number of sensors on reel divided by 10 (200 for 2000 units), TTTTT = Traceability Code.

**SENSIRION**  
THE SENSOR COMPANY

---

Device Type: 1-100PPP-NN

Description: Humidity & Temperature Sensor  
SHTxx

Part Order No. 1-100PPP-NN or Customer Number

Date of Delivery: DD.MM.YYYY

Order Code: 46CCCC / 0

**Figure 20:** Second label on reel: For Device Type and Part Order Number please refer to Table 12, Delivery Date (also Date Code) is date of packaging of sensors (DD = day, MM = month, YYYY = year), CCCC = Sensirion order number.



**radiospares**

**RADIONICS**



**6.3 Shipping Package**



are individually labeled with barcode and human readable labels.

Dimensions of packaging tape are given in Figure 21. All tapes have a minimum of 480mm empty leader tape (first pockets of the tape) and a minimum of 300mm empty trailer tape (last pockets of the tape).

Sensor Type	Packaging	Quantity	Order Number
SHT10	Tape & Reel	2000	1-100218-04
SHT11	Tape & Reel	100	1-100051-04
	Tape & Reel	400	1-100098-04
	Tape & Reel	2000	1-100524-04
SHT15	Tape & Reel	100	1-100085-04
	Tape & Reel	400	1-100093-04

Table 11: Packaging types per sensor type.

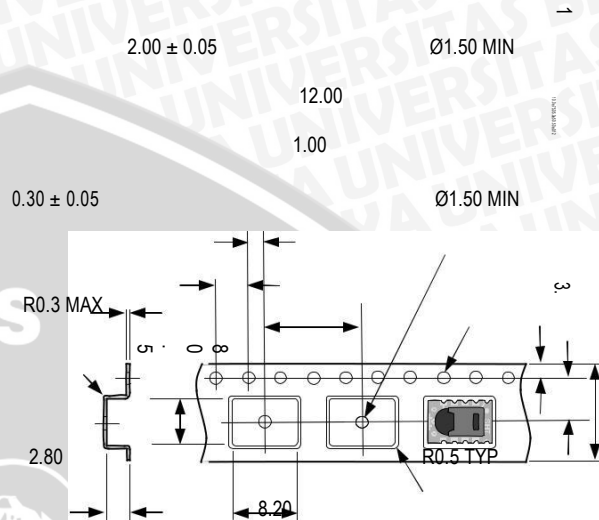


Figure 21: Tape configuration and unit orientation within tape, dimensions in mm (1mm = 0.039inch). The leader tape is at the right side of the figure while the trailer tape is to the left (direction of unreeling).

### Revision History

Date	Version	Page(s)	Changes
July 2008	4.0	1 – 11	New release, rework of datasheet
September 2008	4.1	3, 4	Adjustment of normal operating range and recommendation for antistatic bag
April 2009	4.2	2, 7	Amended foot note 2, communication diagram updated (Figure 17).
May 2010	4.3	1 – 11	Various errors corrected and additional information given (ask for change protocol).
December 2011	5	1, 8, 9	Reference to V3 sensors eliminated.





*radiospares*

**RADIONICS**



ALLIED ELECTRONICS  
AN ELECTRONIC COMPONENTS COMPANY

## Important Notices

### Warning, Personal Injury

**Do not use this product as safety or emergency stop devices or in any other application where failure of the product could result in personal injury. Do not use this product for applications other than its intended and authorized use. Before installing, handling, using or servicing this product, please consult the data sheet and application notes. Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.**

If the Buyer shall purchase or use SENSIRION products for any unintended or unauthorized application, Buyer shall defend, indemnify and hold harmless SENSIRION and its officers, employees, subsidiaries, affiliates and distributors against all claims, costs, damages and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if SENSIRION shall be allegedly negligent with respect to the design or the manufacture of the product.

### ESD Precautions

The inherent design of this component causes it to be sensitive to electrostatic discharge (ESD). To prevent ESD-induced damage and/or degradation, take customary and statutory ESD precautions when handling this product.

See application note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

### Warranty

SENSIRION warrants solely to the original purchaser of this product for a period of 12 months (one year) from the date of delivery that this product shall be of the quality, material and workmanship defined in SENSIRION's published specifications of the product. Within such period, if proven to be defective, SENSIRION shall repair and/or replace this product, in SENSIRION's discretion, free of charge to the Buyer, provided that:

- notice in writing describing the defects shall be given to SENSIRION within fourteen (14) days after their appearance;

- such defects shall be found, to SENSIRION's reasonable satisfaction, to have arisen from SENSIRION's faulty design, material, or workmanship;
- the defective product shall be returned to SENSIRION's factory at the Buyer's expense; and
- the warranty period for any repaired or replaced product shall be

limited to the unexpired portion of the original period.

This warranty does not apply to any equipment which has not been installed and used within the specifications recommended by SENSIRION for the intended and proper use of the equipment.

EXCEPT FOR THE WARRANTIES EXPRESSLY SET FORTH HEREIN, SENSIRION MAKES NO WARRANTIES, EITHER EXPRESS

OR IMPLIED, WITH RESPECT TO THE PRODUCT. ANY AND ALL

WARRANTIES, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, WARRANTIES

OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR

PURPOSE, ARE EXPRESSLY EXCLUDED AND DECLINED.

SENSIRION is only liable for defects of this product arising under the conditions of operation provided for in the data sheet and proper use of the goods. SENSIRION explicitly disclaims all warranties, express or implied, for any period during which the goods are operated or stored not in accordance with the technical specifications.

SENSIRION does not assume any liability arising out of any application or use of any product or circuit and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. All operating parameters, including without limitation recommended parameters, must be validated for each customer's applications by customer's technical experts. Recommended parameters can and do vary in different applications.

SENSIRION reserves the right, without further notice, (i) to change the product specifications and/or the information in this document and (ii) to improve reliability, functions and design of this product.





*radiospares*

**RADIONICS**





## Headquarters and Subsidiaries

<p>SENSIRION AG Laubisruetistr. 50 CH-8712 Staefa ZH Switzerland phone: +41 44 306 40 00 fax: +41 44 306 40 30 <a href="mailto:info@sensirion.com">info@sensirion.com</a> <a href="http://www.sensirion.com">www.sensirion.com</a></p>	<p>Sensirion Inc., USA phone: +1 805 409 4900 <a href="mailto:info_us@sensirion.com">info_us@sensirion.com</a> <a href="http://www.sensirion.com">www.sensirion.com</a></p>	<p>Sensirion Korea Co. Ltd. phone: +82 31 345 0031 3 <a href="mailto:info@sensirion.co.kr">info@sensirion.co.kr</a> <a href="http://www.sensirion.co.kr">www.sensirion.co.kr</a></p>
<p>Sensirion AG (Germany) phone: +41 44 927 11 66 <a href="mailto:info@sensirion.com">info@sensirion.com</a> <a href="http://www.sensirion.com">www.sensirion.com</a></p>	<p>Sensirion Japan Co. Ltd. phone: +81 3 3444 4940 <a href="mailto:info@sensirion.co.jp">info@sensirion.co.jp</a> <a href="http://www.sensirion.co.jp">www.sensirion.co.jp</a></p>	<p>Sensirion China Co. Ltd. phone: +86 755 8252 1501 <a href="mailto:info@sensirion.com.cn">info@sensirion.com.cn</a> <a href="http://www.sensirion.com.cn">www.sensirion.com.cn</a></p>



To find your local representative, please visit [www.sensirion.com/contact](http://www.sensirion.com/contact)