

PENGONTROLAN SUHU DAN KELEMBAPAN PADA BUDIDAYA SEMUT RANGRANG MENGGUNAKAN KONTROL LOGIKA FUZZY

Puguh Sasi Rizky Ramadhan¹, Dr. Ir. Erni Yudanigtyas, MT.², Goegoes Dwi Nusantoro, S.T., M.T.³

¹Mahasiswa Teknik Elektro, ^{2,3}Dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email: poegoeh91@gmail.com

Abstrak—Semakin berkembangnya teknologi saat ini memberikan dampak positif pada perkembangan dunia elektronik khususnya di bidang sistem kontrol. Pada saat ini banyak teknologi yang telah menggunakan alat otomatisasi kontrol. Hal tersebut disebabkan oleh keinginan manusia untuk memenuhi kebutuhan dan mendapatkan fasilitas kemudahan dan efisiensi dalam berbagai macam hal. Semut rangrang (*Oecophylla smaragdina*) merupakan semut dengan ukuran cukup besar yang memiliki kemampuan dalam membentuk anyaman untuk sarangnya. Serangga ini bersifat teritorial sehingga biasa dimanfaatkan sebagai pengendali hama, 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. Selama ini 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 control logika Fuzzy. Pada pengujian keseluruhan sistem ditentukan nilai setpoint sebesar 25°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.

Kata Kunci—Semut Rangrang, Fuzzy, Suhu, Kelembapan.

I. PENDAHULUAN

Semut rangrang (*Oecophylla smaragdina*) merupakan semut dengan ukuran cukup besar yang memiliki kemampuan dalam membentuk anyaman untuk sarangnya. 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 [4].

Dalam budidaya semut rangrang ini sangat bergantung dengan keadaan tempat tinggal yaitu suhu dan kelembapan yang dibutuhkan untuk keberhasilan pembentukan larva (kroto) adalah suhu dalam sarang (24- 27)°C dan tingkat kelembapan (70-80)% [5].

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 kelembapan 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 kelembapan udara, sehingga dalam skripsi ini digunakan metode kontrol logika fuzzy.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. 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*). Dalam gambar 1 merupakan salah satu jenis semut pekerja betina yang berasal dari Asia Tenggara.



Gambar 1. Semut Rangrang (*Oecophylla smaragdina*)

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,

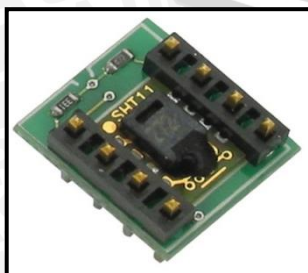
memiliki kaki panjang yang kuat, antena panjang dan rahang besar, bertugas menjaga sarang dari gangguan pengacau, mencari dan mengumpulkan makanan untuk semua koloninya serta membangun sarang di pohon-pohon atau di daun.

Semut rangrang membangun sarangnya dari daun-daunan yang dianyam sedemikian rupa. Oleh karena itu disebut juga sebagai semut penganyam. Pada awal proses pengembangbiakan semut betina akan menepatkan 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%[5].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.

B. Sensor SHT11

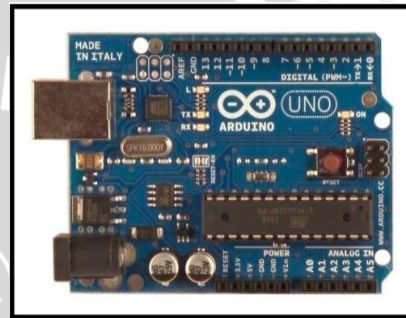
Sensor suhu dan kelembaban adalah peralatan yang digunakan untuk merubah besaran panas menjadi besaran listrik yang nantinya dapat dianalisis hasil besarnya dari suhu yang dikeluarkan oleh suatu tempat yang dipantau keadaan suhunya oleh sensor suhu itu. SHT11 adalah sensor digital untuk temperatur sekaligus 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 +/- 0.4°C pada suhu 25 °C. Modul sensor ini sudah memiliki keluarandigital 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. Secara umum bentuk sensor SHT11 dapat dilihat dalam gambar 2.



Gambar 2. Sensor Temperature/Humidity Sensor - SHT11
(Sumber: www.adafruit.com)

C. 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. 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.



Gambar 3. Arduino Uno

Gambar 3 di atas merupakan bentuk umum dari 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.

E. 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 padakonduktor, jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet dan ibu jari menunjukkan arah medan putar. Adapun besarnya gaya yang bekerja pada konduktor tersebut dapat dirumuskan dengan :

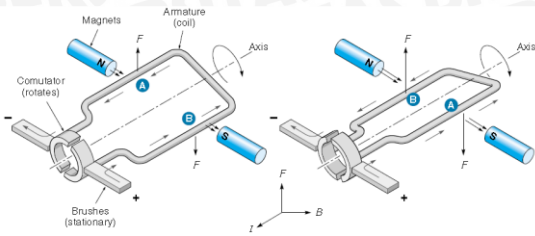
$$F = B \cdot I \cdot L \text{ (Newton)}$$

Dimana :

B = kerapatan fluks magnet (weber)

L = panjang konduktor (meter)

I = arus listrik (ampere)[7]



Gambar 1. Cara kinerja motor DC

Gambar 1 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 vertical.

Bagian *commutator* berfungsi sebagai penyearah mekanik. Fluksi magnet yang ditimbulkan magnet permanen disebut medan magnet motor. Dalam gambar 1 arah fluks magnetic 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.

F. 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 daripada dinyatakan dalam nilai terukur tertentu.

Tahun 1965 L.A. Zadeh memodifikasi teori himpunan yang disebut himpunan kabur (*fuzzy Set*). Himpunan *fuzzy* di dasarnya 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 pengendalian berbasis logika *fuzzy* mengalami perkembangan pesat, terutama dalam hubungannya dengan penyelesaian masalah kendali

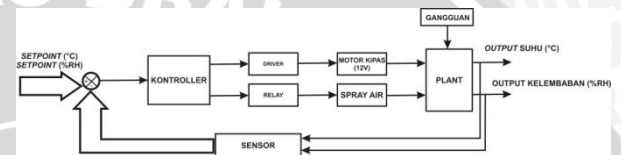
yang bersifat tak linier, sulit dimodelkan, berubah karakteristiknya terhadap waktu (*time varying*) dan kompleks.

III. PERANCANGAN

Perancangan dalam pembuatan skripsi ini bertujuan untuk merancang beberapa perangkat maupun alat secara keseluruhan. Perancangan perangkat tersebut meliputi perancangan Blok diagram sistem, perancangan perangkat keras maupun perancangan perangkat lunak.

A. 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. Untuk lebih jelas dapat dilihat dalam gambar 4.

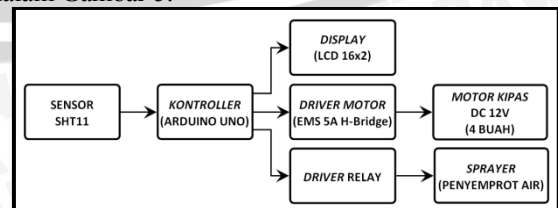


Gambar 4. Diagram Blok Kontroller (Perancangan, 2016)

Keterangan diagram blok dalam Gambar 4 adalah:

- *Setpoint* berupa nilai parameter suhu (°C) dan kelembapan (%RH) yang sudah ditentukan nilainya.
- Sinyal *feedback* dari sensor berupa nilai suhu dan kelembapan (PV). Pembacaan sensor SHT11 yang diumpanbalikkan.
- *Error* berupa simpangan antarsuhu (PV) dengan nilai acuan (SP).
- Metode kontrol yang digunakan adalah *Fuzzy* dengan menggunakan *arduino uno* sebagai pengontrol utama.
- Sensor yang digunakan adalah sensor suhu dan kelembapan SHT11.
- Aktuator berupa motor DC kipas dan *Spray* penyemprot air.
- *Plan* berupa suhu dan kelembapan ruang.
- *Output* berupa nilai PWM yang berfungsi untuk mengatur kecepatan motor DC Kipas untuk mengatur suhu ruang dan *On-Off Spray* penyemprot air untuk mengatur kelembapan ruang.

Adapun blok diagram sistem keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 5.

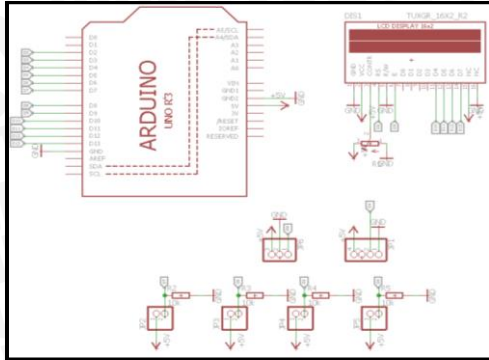


Gambar 5. Diagram Blok Sistem Keseluruhan (Perancangan, 2016)



B. Perancangan Rangkaian Sistem 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 6.



Gambar 6 Rangkaian Sistem Keseluruhan (Perancangan, 2016)

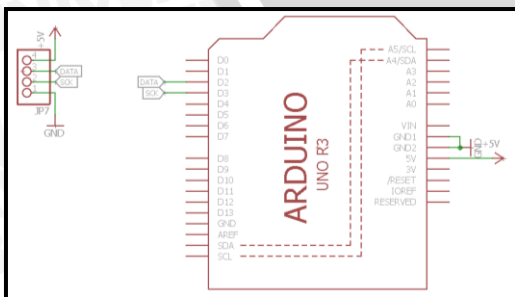
Berdasarkan hasil perancangan rangkaian sistem keseluruhan dapat diketahui bahwa arduino uno dibagi menjadi 2 (dua) fungsi sistem, yaitu fungsi masukan dan keluaran. Pin masukan dan keluaran pada perancangan ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Fungsi Pin Arduino

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

C. Perancangan Sensor SHT11

Sensor SHT11 digunakan sebagai pengukur suhu dan kelembapan. Penempatan sensor ini ditaruh didalam ruangan. Setiap perubahan suhu dan kelembapan dalam ruangan akan diukur oleh sensor SHT11. Perancangan sensor SHT11 yang dihubungkan dengan arduino uno ditunjukkan dalam Gambar 7.

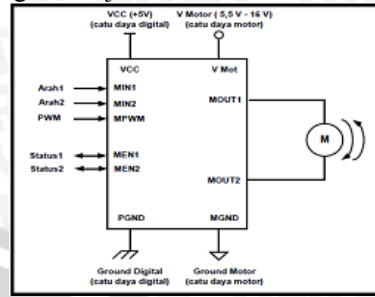


Gambar 7. Rangkaian Sensor SHT11

D. Perancangan Driver Motor DC Kipas

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 8.



Gambar 8. Koneksi Modul Driver Motor EMS 5A H-Bridge

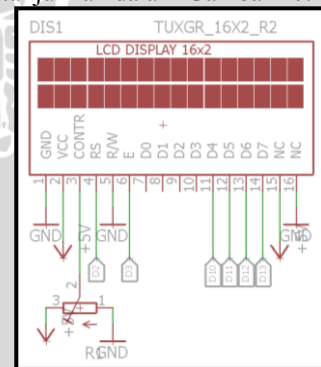
Rangkaian driver ini sanggup bekerja dengan tegangan maksimal 40 volt, serta kapasitas arus maksimum yang dapat dilewatkan pada modul ini sebesar 5 ampere. Gambar modul rangkaian driver EMS 5A H-Bridge dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Modul Driver Motor EMS 5A H-Bridge

E. 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 suhu dan kelembapan. Selain itu, nilai pwm akan ditampilkan juga pada LCD. Adapun rangkaian LCD 16x2 yang dihubungkan dengan arduino uno ditunjukkan dalam Gambar 10.



Gambar 10. Rangkaian LCD 16x2 (Perancangan, 2016)

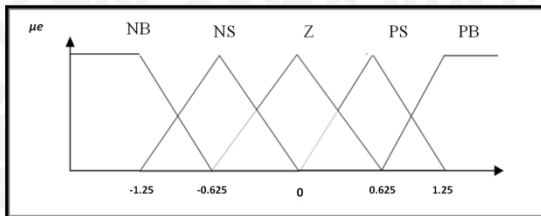
F. Perancangan Sistem Kontrol Logika Fuzzy

Perancangan parameter metode kontrol logika *Fuzzy* bertujuan agar diperoleh respon pengontrolan pada plan yang sesuai dengan yang diharapkan, yaitu suhu dan kelembapan yang dibutuhkan untuk keberhasilan pembentukan larva (kroto) adalah suhu dalam sarang (24- 27)^oC dan tingkat kelembapan (70-80)% [5].

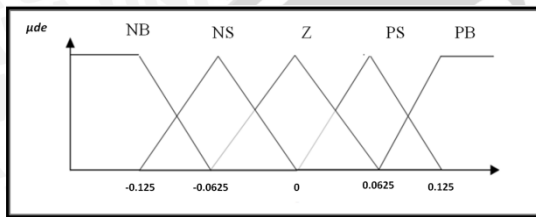
Pada penelitian ini menggunakan setpoint suhu pada *plan* sebesar 25^oC dan kelembapan sebesar 80%

(RH).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.

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).Berikut gambar fungsi keanggotaan masukan *error* dalam gambar 11 dan fungsi keanggotaan masukan *delta error* dalam gambar 12.



Gambar 11. Fungsi Keanggotaan Masukan Error



Gambar 12. Fungsi Keanggotaan Masukan DeltaError

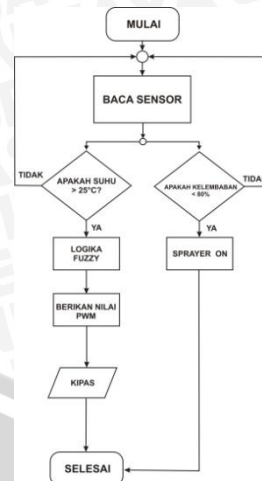
Rule (aturan) fuzzy digunakan sebagai penentu keluaran dari fuzzifikasi yang akan diolah dalam proses defuzzifikasi, dengan jumlah rule 25 macam. *Rule* tersebut didapat dari 5 *membership function error* dan 5 *membership function delta error*. Adapun aturan Fuzzy yang digunakan dalam Tabel 2.

Tabel 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

G. Perancangan perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini menggunakan *compiler arduino.ide*. Sebelum menulis program pada arduino, terlebih dahulu dilakukan perancangan *flowchart* sistem. Adapun *flowchart* sistem ditunjukkan dalam Gambar 13.



Gambar 13. Flowchart Perangkat Lunak

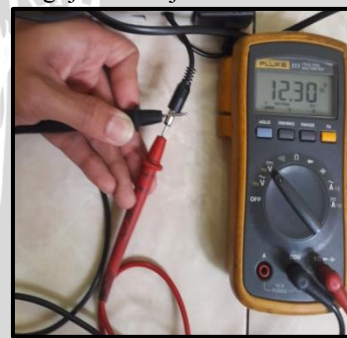
Flowchart perangkat lunak dimulai dengan inialisasi sistem. Dimana pada inialisasi sistem berfungsi untuk mendeklarasikan variabel-variabel yang akan digunakan dalam pemrograman. Pada penelitian ini menggunakan 2 jenis setpoint yaitu suhu ($^{\circ}\text{C}$) dan kelembapan ($\%RH$). Logika Fuzzy digunakan untuk mengontrol kecepatan kipas, dimana kecepatan kipas berpengaruh pada suhu ruang. Sedangkan untuk mengatur kelembapan menggunakan spray penyemprot air dengan sistem *on-off*, dimana aksi kontrol untuk mengatur nilai kelembapan dilakukan setiap 1 menit.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pengujian ini meliputi pengujian catu daya, pengujian Driver Motor DC Kipas, pengujian SensorSHT11 dan Pengujiankeseluruhan sistem.

A. 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 14.



Gambar 14. Pengukuran Catu Daya

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

$$\begin{aligned} error &= V_{\text{Pengukuran}} - V_{\text{standart}} \dots\dots\dots(5.1) \\ &= 12,30 \text{ V} - 12\text{V} \\ &= 0,30 \text{ V} \end{aligned}$$

$$error(\%) = \frac{|V_{\text{Pengukuran}} - V_{\text{standart}}|}{V_{\text{standart}}} \times 100\% \dots\dots\dots(5.2)$$

Dengan $V_{\text{Pengukuran}}$ = 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.

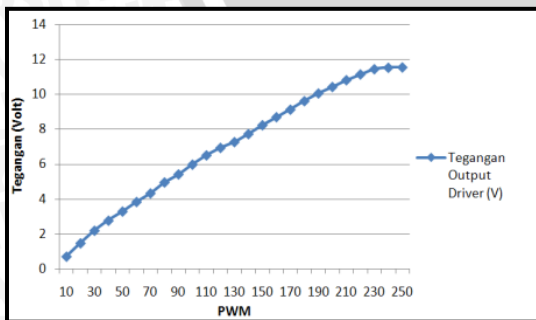
B. Pengujian Driver Motor EMS 5A H-Bridge

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. 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 akan dianalisis. Hasil pengujian *driver* motor EMS 5A H-Bridge ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. 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 15.



Gambar 15. Grafik Tegangan Terhadap PWM

Berdasarkan hasil pengujian driver motor EMS 5A H-Bridge yang ditunjukkan dalam Tabel 2 dan Gambar 12 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.

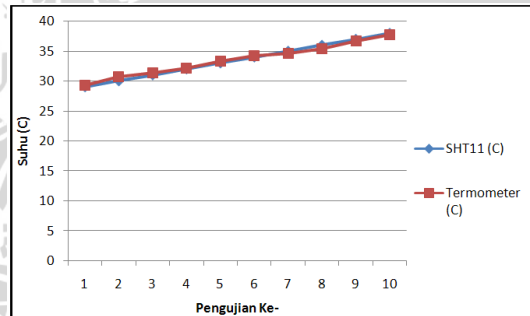
C. Pengujian Sensor SHT11

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.

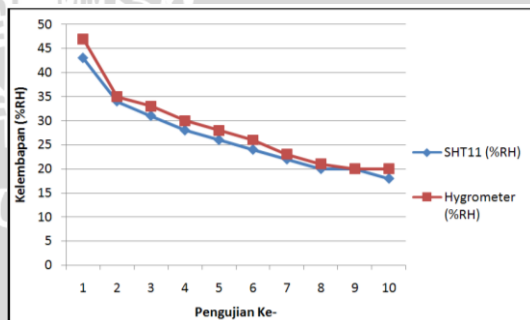
Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor SHT11

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
Error (°C) Rata-Rata			0,38	Error (%RH) Rata-Rata		1,7

Grafik hasil pengujian SHT11 ditunjukkan dalam Gambar 16 dan 17.



Gambar 16. Grafik Perbandingan Suhu SHT11 dan Termometer

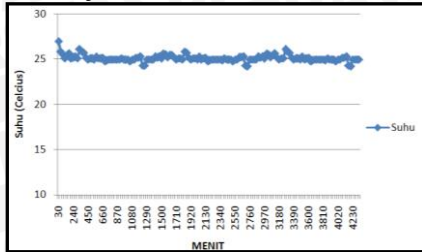


Gambar 17. Grafik Perbandingan Kelembapan SHT11 dan Hygrometer

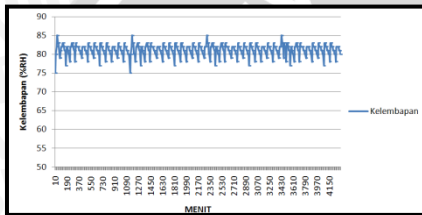
Berdasarkan hasil pengujian SHT11 yang ditunjukkan dalam Tabel 3 dan Gambar 16 dan 17 menunjukkan bahwa sensor SHT11 dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan pembacaan sensor SHT11 dengan termometer dan *hygrometer* yang mempunyai satu trend grafik yang hampir sama. Berdasarkan hasil pengujian, sensor SHT11 mempunyai error suhu rata-rata sebesar 0.38°C dan error kelembapan rata-rata 1.7%RH.

D. Pengujian Keseluruhan Sistem

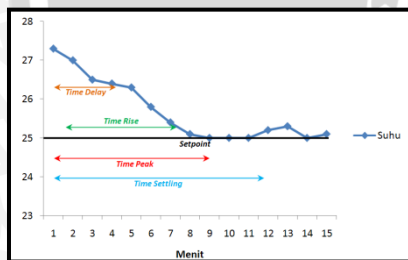
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kerja dari perangkat keras dan perangkat lunak setelah diintegrasikan dalam sebuah sistem yang terpadu. Pengujian dilakukan dengan cara menggabungkan semua bagian dari perangkat keras yang sudah dirancang. Kemudian sistem pengontrolan kecepatan motor kipas menggunakan 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, hasil pengujian ditunjukkan dalam Gambar 18.



Gambar 18. Grafik Suhu Terhadap Waktu



Gambar 19. Grafik Kelembapan Terhadap Waktu



Gambar 20. Respon Waktu Parameter Kontrol

Berdasarkan hasil pengujian dengan setpoint suhu ruang 25°C didapatkan hasil seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 18. Sedangkan untuk hasil pengontrolan kelembaban dengan setpoint 80%RH ditunjukkan dalam Gambar 19. Respon waktu parameter kontrol pada pengujian keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 20. Respon 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

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. 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°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.
3. Penggunaan alat pengontrol suhu dan kelembaban untuk budidaya semut rangrang ini lebih efisien dari pada secara konvensional.

B. 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 ratu didalamnya, 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.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kuswandi, Son. 2000. *KendaliCerdas (Intelligent Control)*: EEPIS Press.
- [2] Tohari, Affandi Nur Azis. 2011. *Penerapan Fuzy Logic Pada Pengaturan Jumlah Air Berdasarkan Suhu dan Kelembaban*. Semarang : Teknik Komputer Universitas Negeri Semarang.
- [3] Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. Jakarta: Erlangga.
- [4] Prayoga, B. 2013. *Kupas Tuntas Budidaya Kroto Cara Modern*. Jakarta : Penebar Swadaya
- [5] Prayoga, B. 2014. *Menjawab Teka-Teki Beternak Dan Berbisnis Kroto*. Jakarta : Penebar Swadaya