



**SISTEM *MONITORING* BUDIDAYA IKAN LELE TEKNIK  
BIOFLOK BERDASARKAN SUHU DAN PH AIR**

**Skripsi**

**diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro**

**Oleh**

**Meri Nur Amelia**

**NIM. 5301414083**

**PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2018**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Meri Nur Amelia  
NIM : 5301414083  
Program Studi : S-1 Pendidikan Teknik Elektro  
Judul : Sistem Monitoring Budidaya Ikan Lele Teknik Bioflok  
Berdasarkan Suhu dan PH Air

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 15 November 2018

Pembimbing



Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T. IPM.

NIP. 196605051998022001

## PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Sistem *Monitoring* Budidaya Ikan Lele Teknik Bioflok Berdasarkan Suhu dan pH Air telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 26 bulan November tahun 2018.

Oleh

Nama : Meri Nur Amelia  
NIM : 5301414083  
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro

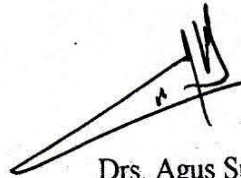
Panitia:

Ketua



Dr. -Ing Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T.  
NIP. 197805312005011002

Sekretaris



Drs. Agus Suryanto, M.T.  
NIP.196708181992031004

Penguji I,



Arief Arfriandi, S.T., M.Eng.  
NIP. 198208242014021001

Penguji II,



Drs. Ir. Henry Ananta, M.Pd. IPM.,  
NIP. 195907051968011002

Penguji III / Pembimbing,



Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T. IPM.,  
NIP. 196605051998022001

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M.T.

NIP. 196911301994031001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan / atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dari Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 26 November 2018

Yang membuat pernyataan,



Meri Nur Amelia

NIM. 5301414083

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

Hidup itu singkat, *make it work*. Selalu lakukan yang terbaik sehingga tidak ada penyesalan. *Because nothing good ever comes easy and sometimes we have to fight.*

### **PERSEMBAHAN**

Karya ini saya persembahkan kepada :

1. Orang tua, kakak, adik dan keluargaku tercinta
2. Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang
3. Teman – teman seperjuangan PTE 2014
4. Almamater Universitas Negeri Semarang
5. Semua pihak yang senantiasa memberikan doa, dukungan dan semangat

## RINGKASAN

Meri Nur Amelia. 2018. Sistem *Monitoring* Budidaya Ikan Lele Teknik Bioflok Berdasarkan Suhu dan pH Air. Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T. IPM.

Kualitas air merupakan parameter utama keberhasilan budidaya perikanan. Sehingga *monitoring* kualitas air penting untuk dilakukan dalam pembudidayaan ikan lele. *Monitoring* air kolam dalam pembudidayaan ikan lele teknik bioflok masih dilakukan secara tradisional. Metode tersebut memiliki kelemahan karena tidak praktis dan faktor kesalahan manusia yang cukup tinggi yang berhubungan dengan tingkat akurasi hasil pengukuran. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan teknologi dalam perancangan sistem *monitoring* budidaya ikan lele teknik bioflok.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode rekayasa (*engineering*). Penelitian ini menggunakan sensor pH V.1.1 dan sensor suhu DS18B20 sebagai indikator serta Modul GSM SIM800L untuk mengirimkan data, data diolah menggunakan logika fuzzy dan ditampilkan melalui aplikasi android.

Berdasarkan hasil uji implementasi alat, sistem *monitoring* dapat mengukur pH, dan suhu air kolam lele teknik bioflok dengan baik, hasil pengukuran ditampilkan secara *realtime* melalui LCD dan dapat dilihat dalam aplikasi android melalui *smartphone*. Keakuratan pengukuran sensor pH adalah  $\pm 0,0907$  dan sensor suhu  $\pm 0,152^{\circ}\text{C}$  dengan *delay* waktu pengiriman data 16 detik dan jarak pengiriman  $> 6$  Km.

Kata kunci: Logika *fuzzy*, Modul GSM, *Monitoring*, pH, Suhu.

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro S1 Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Tak lupa sholawat serta salam senantiasa disampaikan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, semoga semua mendapatkan safa'at di yaumul akhir, Aamiin.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Prof. D. Fathur Rokhman, M.Hum, selaku Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan kepada peneliti untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Drs. Nur Qudus M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Dr.-Ing Dhidik Prastiyanto, S.T/, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Kepala Program Studi Pendidikan Teknik Elektro S1 Fakultas Teknik Univertitas Negeri Semarang.
4. Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T. IPM selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan serta saran yang sangat membantu dalam proses penyusunan skripsi.

5. Arief Arfriandi, S.T., M.Eng selaku dosen penguji I dan Drs. Ir. Henry Ananta, M.Pd. IPM., selaku dosen penguji II yang telah memberikan kritik, saran, bimbingan dan arahan dalam menyempurnakan skripsi ini.
6. Kelompok Tani Tambak Sentosa Abadi yang telah memberikan ijin kepada peneliti untuk melaksanakan penelitian.
7. Orang tua, keluarga, sahabat dan teman yang telah memberikan doa, dukungan, dan semangat kepada peneliti selama proses penyusunan skripsi
8. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan proposal skripsi.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan proposal skripsi ini, namun penulis berharap proposal skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Semarang, 26 November 2018

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN COVER.....	i
PESETUJUAN PEMBIMBING .....	ii
PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
RINGKASAN .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	4
1.3 Pembatasan Masalah .....	5
1.4 Rumusan Masalah .....	5
1.5 Tujuan .....	6
1.6 Manfaat .....	6
1.7 Penegasan Istilah .....	7
<b>BAB II. KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Kajian Pustaka yang Relevan.....	9
2.2 Landasan Teori.....	15

2.2.1 Sistem <i>Monitoring</i> .....	15
2.2.2 Budidaya Ikan Lele .....	16
2.2.2.1 Kualitas Air Untuk Ikan Lele .....	17
2.2.3 Teknik Bioflok .....	20
2.2.4 Identifikasi Sistem Kendali .....	22
2.2.4.1 Sistem Kendali <i>Loop</i> Terbuka .....	22
2.2.4.2 Sistem Kendali <i>Loop</i> Tertutup .....	23
2.2.5 Mikrokontroler .....	24
2.2.6 Arduino .....	25
2.2.7 ADC ( <i>Analog to Digital Converter</i> ) .....	27
2.2.8 Sensor .....	28
2.2.8.1 Sensor Suhu <i>DS18B20</i> .....	28
2.2.8.2 Sensor pH .....	32
2.2.9 Modul GSM .....	35
2.2.9.1 Modul GSM <i>SIM800L</i> .....	36
2.2.10 Sistem Telemetry Berbasis GPRS .....	38
2.2.10.1 Metode Pengiriman Data.....	39
2.2.10.2 Konektivitas GPRS .....	40
2.2.10.3 Pengiriman Data .....	42
2.2.11 Logika <i>Fuzzy</i> .....	43
2.2.11.1 Tahap Permodelan dalam Logika <i>Fuzzy</i> .....	44
2.2.11.2 Struktur Dasar Logika <i>Fuzzy</i> .....	46

### BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	52
3.2 Desain Penelitian.....	52
3.2.1 Perencanaan ( <i>Planning</i> ) .....	53
3.2.2 Perancangan ( <i>Design</i> ) .....	53
3.2.2.1 Diagram Blok Sistem .....	54
3.2.2.2 Desain Perencanaan Alat ( <i>Hardware</i> ) .....	55
3.2.2.3 Perencanaan <i>Software</i> .....	55
3.2.2.3.1 Diagram Alir Program Mikrokontroler .....	55
3.2.2.3.2 Diagram Alir Program Antarmuka pada PC .....	56
3.2.3 Pembangunan ( <i>Construct</i> ) .....	57
3.2.3.1 Perancangan Catu Daya .....	57
3.2.3.2 Perancangan Sensor Suhu .....	58
3.2.3.3 Perancangan Sensor pH .....	59
3.2.3.4 Perancangan Modul GSM .....	60
3.2.3.5 Perancangan LCD .....	61
3.2.3.6 Perancangan Rangkaian Elektronik .....	62
3.2.3.7 Perancangan <i>Interface Monitoring</i> Android .....	63
3.2.3.8 Perancangan Fuzzifikasi Air Kolam .....	63
3.2.4 Penerapan ( <i>Applied</i> ) .....	65
3.3 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data .....	65

### BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1.1 Hasil Penelitian .....	69
----------------------------	----

4.1.1 Hasil Penelitian Laboratorium .....	70
4.1.2 Hasil Uji Implementasi Alat .....	83
4.2 Analisis Data .....	90
4.2.1 Analisis Penelitian Laboratorium.....	90
4.2.2 Analisis Uji Coba Implementasi Alat .....	91
4.3 Pembahasan.....	92
4.3.1 Pembahasan Hasil Uji Alat .....	92
4.3.2 Pembahasan Hasil Uji Alat dengan Penelitian Sebelumnya.....	93
 BAB V. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	96
5.2 Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA .....	98
 LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kualitas Air yang Cocok Untuk Ikan Lele.....	17
Tabel 2.2 Pengaruh Suhu Air Terhadap Respon Konsumsi Pakan Ikan Lele..	18
Tabel 2.3 Perbedaan Hasil Budidaya Ikan Lele Teknik Bioflok dibandingkan Teknik Konvensional.....	21
Tabel 2.4 Spesifikasi Arduino.....	27
Tabel 2.5 Karakteristik Sensor <i>DS18B20</i> .....	29
Tabel 2.6 Contoh Beberapa Perintah <i>ATCommand</i> .....	36
Tabel 3.1 Tabel Instrumen Pengujian Suhu Air.....	66
Tabel 3.2 Tabel Instrumen Pengujian pH Air .....	67
Tabel 3.3 Tabel Instrumen Pengujian Sistem <i>Monitoring</i> .....	68
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan Catu Daya .....	72
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor Suhu <i>DS18B20</i> dengan Termometer .....	75
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kalibrasi Sensor pH.....	78
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Analog pH Sensor.....	79
Tabel 4.5 Hasil Uji Alat Pagi Hari pada Hari Pertama (07.00-08.00) .....	84
Tabel 4.6 Hasil Uji Alat Siang Hari pada Hari Pertama (07.00-08.00) .....	85
Tabel 4.7 Hasil Uji Alat Sore Hari pada Hari Pertama (07.00-08.00).....	86
Tabel 4.8 Hasil Uji Alat Pagi Hari pada Hari Kedua (07.00-08.00).....	87
Tabel 4.9 Hasil Uji Alat Siang Hari pada Hari Kedua (07.00-08.00).....	88
Tabel 4.10 Hasil Uji Alat Sore Hari pada Hari Kedua (07.00-08.00).....	89

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Sistem Kendali <i>loop</i> Terbuka.....	23
Gambar 2.2 Struktur Sistem Kendali <i>loop</i> Tertutup .....	23
Gambar 2.3 Diagram Blok Rangkaian Internal Mikrokontroler .....	24
Gambar 2.4 Arduino Uno.....	26
Gambar 2.5 Keterangan Kaki-kaki IC <i>DS18B20</i> .....	29
Gambar 2.6 Konfigurasi <i>DS18B20</i> dalam Dua Mode.....	31
Gambar 2.7 Sensor pH .....	32
Gambar 2.8 Proses Pertukaran Ion $H^+$ .....	33
Gambar 2.9 Kurva Perubahan pH dengan Beda Potensial.....	33
Gambar 2.10 Rangkaian Sensor pH dengan Arduino Uno .....	35
Gambar 2.11 Bentuk Modul GSM <i>SIM800L V.2</i> .....	37
Gambar 2.12 Metode Pengiriman Data ke <i>WebServer</i> .....	39
Gambar 2.13 Bagan Tahapan Konektivitas GPRS .....	40
Gambar 2.14 Langkah Pengiriman Data ke <i>WebServer</i> .....	42
Gambar 2.15 Perbedaan <i>Boolean Logic</i> dengan <i>Fuzzy Logic</i> .....	43
Gambar 2.16 Blok Diagram Sistem <i>Fuzzy 1</i> .....	44
Gambar 2.17 Blok Diagram Sistem <i>Fuzzy 2</i> .....	44
Gambar 2.18 <i>Fuzzifikasi</i> Umur .....	45
Gambar 2.19 <i>Fuzzifikasi</i> Suhu .....	45
Gambar 2.20 Ilustrasi Proses dalam Logika <i>Fuzzy</i> .....	48
Gambar 2.21 Contoh Kurva Fungsi Keanggotaan <i>Triangular</i> .....	49
Gambar 2.22 <i>Fuzzifikasi</i> .....	49
Gambar 2.23 <i>Defuzzifikasi</i> .....	51
Gambar 3.1 Blok Sistem Sistem <i>Monitoring</i> Kualitas Air Kolam Budidaya Ikan Lele Teknik Bioflok. ....	54

Gambar 3.1 <i>Prototype</i> Sistem <i>Monitoring</i> Kualitas Air Kolam Budidaya Ikan Lele Teknik Bioflok. ....	55
Gambar 3.3 Diagram Alir Program Mikrokontroler. ....	56
Gambar 3.4 Diagram Alir Program Antarmuka PC.....	57
Gambar 3.5 Rangkaian Catu Daya.....	58
Gambar 3.6 Rangkaian Sensor Suhu <i>DS18B20</i> .....	58
Gambar 3.7 Rangkaian Pengkondisian Sinyal pH .....	59
Gambar 3.8 Rangkaian Modul GSM <i>SIM800L V.2</i> dengan Arduino .....	61
Gambar 3.9 Rangkaian LCD 16x2 dengan I2C .....	61
Gambar 3.10 Rangkaian Elektronik Sistem <i>Monitoring</i> .....	52
Gambar 3.11 (a) Tampilan <i>Home Monitoring</i> . (b) Tampilan Data <i>Monitoring</i> (c) Tampilan <i>History Monitoring</i> .....	63
Gambar 4.1 <i>Prototype</i> Alat Sistem <i>Monitoring</i> Kualitas Air Kolam Budidaya Ikan Lele Teknik Bioflok.....	69
Gambar 4.2 (a) Tampilan <i>Home Monitoring</i> . (b) Tampilan Data <i>Monitoring</i> (c) Tampilan <i>History Monitoring</i> .....	70
Gambar 4.3 Rangkaian Catu Daya.....	71
Gambar 4.4 Tampilan <i>Listing</i> Program LCD pada Arduino IDE .....	73
Gambar 4.5 Tampilan pada LCD 16x2 .....	73
Gambar 4.6 Grafik Kalibrasi Sensor Suhu <i>DS18B20</i> dengan Termometer .....	74
Gambar 4.7 Grafik Linearitas Sensor pH.....	78
Gambar 4.8 Hasil Pengujian <i>ATCommand</i> Modul GSM <i>SIM800L</i> .....	80
Gambar 4.9 Hasil Logika <i>Fuzzy Monitoring</i> .....	81
Gambar 4.10 Grafik Hasil <i>Monitoring</i> Sistem pagi hari pada hari pertama ....	84
Gambar 4.11 Grafik Hasil <i>Monitoring</i> Sistem siang hari pada hari pertama...	85
Gambar 4.12 Grafik Hasil <i>Monitoring</i> Sistem sore hari pada hari pertama ....	86
Gambar 4.13 Grafik Hasil <i>Monitoring</i> Sistem pagi hari pada hari kedua .....	87

Gambar 4.14 Grafik Hasil *Monitoring* Sistem siang hari pada hari kedua..... 88

Gambar 4.15 Grafik Hasil *Monitoring* Sistem sore hari pada hari kedua..... 90



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Surat Keputusan Penetapan Dosen Pembimbing.....	103
Lampiran 2. Surat Permohonan Izin Observasi .....	104
Lampiran 3. Dokumentasi Uji Implementasi Alat .....	105
Lampiran 4. Dokumentasi Uji Implementasi Alat .....	106

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Kualitas air merupakan parameter utama dalam keberhasilan usaha budidaya perikanan (Lintang, et al., 2017). Budidaya ikan lele teknik bioflok adalah teknik budidaya ikan lele dengan penambahan bakteri heterotrof pada pakan yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrisi pakan alami (Avnimelech.,2008:45-55). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa budidaya ikan lele dengan teknik bioflok memberikan hasil yang lebih maksimal daripada teknik konvensional (Abulias., 2014:16-21), (Avnimelech and Kochba, 2009:163-168), (Ekasari, 2009:117-126).

Azim dan Little (2008) mengemukakan bahwa perlakuan teknik bioflok pada pemeliharaan ikan membuat kualitas air di wadah pemeliharaan tidak stabil, salah satunya perubahan kadar keasaman (pH) air kolam. Kondisi air kolam yang tidak memenuhi standar akan berbahaya bagi pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan lele. Air kolam dengan kadar keasamaan (pH) yang terlalu asam atau basa dapat menyebabkan kegagalan budidaya ikan. Selain pH, suhu air juga berpengaruh terhadap tingkat kematian ikan (Lintang et al., 2017). Peranan alami kualitas air sangat berpengaruh dalam budidaya ikan lele, sehingga pada saat membudidayakan ikan lele secara semi intensif maupun intensif, *monitoring* air kolam budidaya penting untuk terus dilakukan ( Septiani et al., 2014). *Monitoring* air kolam dalam pembudidayaan ikan lele teknik bioflok masih dilakukan secara tradisional.

Pengecekan kondisi air kolam dilakukan rutin dengan memperhatikan warna air, pengukuran suhu dan pengukuran pH dengan menggunakan kertas lakmus, metode ini memiliki kelemahan karena tidak praktis dan faktor kesalahan manusia yang cukup tinggi yang berhubungan dengan tingkat akurasi hasil pengukuran, terutama bagi pembudidaya pemula (Al Qalit et al., 2017 : 8 -15).

Keasaman atau pH yang baik bagi ikan lele adalah 6,5 – 8, pH yang kurang dari 5 sangat buruk bagi lele, karena bisa menyebabkan penggumpalan lendir pada insang, sedangkan pH 8 ke atas akan menyebabkan berkurangnya nafsu makan ikan lele (BSN, 2014). Parameter lain yang harus diperhatikan dalam budidaya ikan lele teknik bioflok adalah suhu air kolam, suhu air memiliki pengaruh yang dominan terhadap respon konsumsi pakan (Tucker and Hargreaves, 2004). Meskipun ikan lele merupakan jenis ikan yang memiliki toleransi tinggi terhadap lingkungannya dan dapat hidup pada rentang suhu yang cukup besar antara 14 – 38°C, namun menurut Kordi dan Ghufran (2009) dan Mahyuddin (2008), suhu air optimum dalam pemeliharaan ikan lele secara intensif adalah 25°C - 30°C. Kondisi lingkungan tidak optimal akan mengakibatkan probabilitas hidup ikan lele menurun.

Penelitian yang berkaitan dengan sistem *monitoring* budidaya ikan telah di kembangkan oleh Rivai et al., 2010. Rivai dkk membuat sistem *monitoring* pH dan suhu air dengan transmisi data nirkabel. Penelitian ini dilakukan pada budidaya dan pembenihan ikan air tawar, peneliti menggunakan elektroda pH sebagai sensor pH dan LM35 sebagai sensor suhu. Transmisi data *monitoring* pH dan suhu menggunakan *wireless RF Modules Xbee Pro type 802.15.4*. Hasil *monitoring* ditampilkan melalui PC dengan jarak 48 m dari tempat budidaya. Kelemahan

penelitian ini, yaitu pada batasan jangkauan pengiriman data hasil *monitoring* serta tidak menjelaskan keakuratan hasil *monitoring*.

Pada tahun 2014, Hainudin melakukan penelitian tentang perancangan perangkat *monitoring* kadar keasaman (PH) air pada pembenihan ikan kerapu macan. Hainudin dkk membuat *monitoring* kadar pH dengan menggunakan sensor Analog pH Meter v1.0. *Monitoring* pH menggunakan *wireless Xbee* sebagai pengirim data dan ditampilkan melalui Microsoft Visual Studio 2010 Ultimate. Kelemahan dalam penelitian ini yaitu ada batasan jangkauan pengirimannya, pada kondisi *indoor* jarak maksimal 14 m dan *outdoor* 40 m, dimana semakin banyak penghalang antara perangkat pengirim (Tx) dan penerima (Rx) maka jangkauannya semakin pendek.

Cloete et al., 2016 melakukan penelitian tentang perancangan dan pengembangan sistem pemantauan kualitas air secara *realtime* dengan judul *Design of Smart Sensors for Real-Time Water Quality Monitoring*. Pada penelitian ini, Cloete merancang 5 sensor sebagai parameter kualitas air, antara lain : Sensor suhu, sensor konduktivitas, sensor aliran, sensor pH, dan sensor ORP yang semuanya diproses melalui mikrokontroler. Penelitian ini berhasil merancang sistem *monitoring* kualitas air dengan keakuratan data sebagai berikut, Sensor suhu 2.5°C, Sensor konduktivitas 14,71%, Sensor aliran 6,28%, Sensor pH  $\pm 0,51$ , Sensor ORP  $\pm 24,14$  mV dan hasilnya ditampilkan dalam LCD melalui *wireless ZigBee*. Sistem ini mempunyai kelemahan pada jangkauan jarak pengiriman data maksimum 13 meter.

Palimbunga, 2017 membuat sistem *monitoring* keasaman air berbasis jaringan nirkabel *WIFI IP*. Penelitian ini berhasil membuat *prototype* sistem

*monitoring* keasaman air menggunakan sensor pH yang dapat *dimonitoring* melalui *website* pada *webserver* dan *Thingspeak*. Kelemahan penelitian ini adalah jangkauan jarak pengiriman data, yaitu 8 meter pada ruangan tertutup dan 15 meter pada ruangan terbuka. Selain itu, pada penelitian ini tidak disebutkan keakuratan sensor pH yang dipakai.

Berdasarkan hal tersebut, peneliti terdorong untuk membuat sistem *monitoring realtime* dengan jangkauan jarak pengiriman data yang luas dan dapat diterapkan pada budidaya ikan lele teknik bioflok. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan 2 sensor yaitu sensor suhu dan sensor pH, selain itu peneliti menerapkan metode *fuzzy logic* untuk menilai kualitas air kolam. Peneliti menggunakan *GSM Shield SIM800* supaya jangkauan jarak pengiriman datanya luas sehingga *monitoring* dapat diakses menggunakan aplikasi android secara *realtime*.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, identifikasi masalah dalam budidaya ikan lele teknik bioflok adalah sebagai berikut:

1. Kualitas air merupakan parameter penting dalam budidaya ikan lele, sehingga pada saat membudidayakan ikan lele perlu dilakukan *monitoring* kualitas air, namun belum ada alat yang *memonitoring* secara *realtime* kualitas air di kolam budidaya ikan lele teknik bioflok.
2. *Monitoring* kualitas air kolam dalam pembudidayaan ikan lele teknik bioflok kebanyakan masih dilakukan secara tradisional, dengan cara memperhatikan warna air, pengukuran suhu dan pengukuran pH dengan menggunakan kertas lakmus

3. Metode *monitoring* tradisional memiliki kekurangan yaitu tingkat akurasi dalam pengamatan dan pengukuran. Padahal dalam budidaya ikan lele teknik bioflok pemberian pakan bakteri probiotik disesuaikan dengan kondisi air kolam

### 1.3 Pembatasan Masalah

Ruang lingkup pembahasan dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

1. Indikator yang digunakan pada proses *monitoring* yaitu derajat keasaman (pH) dan suhu air kolam.
2. Data kondisi air yang digunakan untuk mengukur kualitas air kolam ikan lele teknik bioflok diambil menggunakan sensor suhu dan pH.
3. Sistem *monitoring* ini menggunakan sistem kontrol *open loop*, sehingga tidak menggunakan aktuator pada outputnya. Hasil dari *monitoring* ditampilkan melalui LCD dan diakses melalui aplikasi yang terinstal pada telepon seluler dengan *operating system* android.
4. Fokus Skripsi ini ialah membangun sistem *monitoring* kualitas air pada budidaya ikan teknik bioflok dengan aplikasi android, sehingga tidak membahas pembentukan *biofluktuasi* secara mendetail.

### 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah didapat, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana membangun sistem *monitoring* budidaya ikan lele teknik bioflok yang akurat dan dapat digunakan secara *realtime*?
2. Bagaimana menguji fungsionalitas sistem *monitoring* budidaya ikan lele teknik bioflok?

### 1.5 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, penelitian dalam skripsi ini bertujuan untuk :

1. Membangun sistem *monitoring* budidaya ikan lele ikan lele teknik bioflok yang akurat dan dapat digunakan secara *realtime*.
2. Menguji fungsionalitas sistem *monitoring* budidaya ikan lele teknik bioflok.

### 1.6 Manfaat

Hasil perancangan dan implementasi sistem *monitoring* budidaya ikan lele teknik bioflok berbasis android, diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

#### a. Manfaat Teoritis :

1. Memberikan pengetahuan mengenai sistem *monitoring* budidaya ikan lele teknik bioflok yang akurat dan dapat digunakan secara *realtime*.
2. Memberikan contoh pengujian sistem *monitoring* budidaya ikan lele teknik bioflok.

#### b. Manfaat Praktis :

1. Bagi peneliti

Hasil penelitian diharapkan dapat menambah pengetahuan peneliti dan dapat menerapkan ilmu-ilmu yang telah didapat dari bangku kuliah serta dapat digunakan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro di Universitas Negeri Semarang

## 2. Bagi masyarakat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat terhadap kemudahan *monitoring* budidaya ikan lele sistem bioflok yang dapat dilakukan secara *realtime* sehingga memberikan hasil yang maksimal dalam budidaya ikan lele teknik bioflok.

### 1.7 Penegasan Istilah

Penjelasan istilah sebagai berikut bertujuan untuk menghindari penafsiran yang berbeda tentang penelitian ini:

#### 1. *Monitoring*

*Monitoring* didefinisikan sebagai siklus kegiatan yang mencakup pengumpulan, peninjauan ulang, pelaporan, dan tindakan atas informasi suatu proses yang sedang diimplementasikan (Mercy, 2005). Sistem *monitoring* dalam penelitian ini yaitu alat dapat melakukan pemantauan secara *realtime* terhadap kualitas air kolam budidaya ikan lele teknik bioflok dengan menggunakan GSM *Shield SIM800*. Indikator yang digunakan berupa pH dan suhu air kolam. Hasil data *monitoring* dapat dilihat pada LCD serta dapat diakses melalui aplikasi android.

#### 2. Budidaya Ikan Lele Teknik Bioflok

Budidaya ikan lele teknik bioflok merupakan cara budidaya ikan lele dengan menciptakan mikroorganisme sekaligus membuat limbah pemeliharaan menjadi bentuk gumpalan kecil (*flock*) sebagai pakan alami bagi lele dengan cara memberikan probiotik dan pemasangan aerator untuk mengaduk kolam dan penyuplai oksigen serta menjaga kadar pH (Hastuti, 2014).

#### 3. Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* adalah teknik penalaran. Logika *fuzzy* dapat menyatakan nilai antara benar dan salah, seperti hampir benar, agak benar atau semacamnya (Athia,



2009). Logika *fuzzy* digunakan untuk karakterisasi penalaran input suhu yaitu : dingin dan panas, serta input pH seperti : asam dan basa. Dua input tersebut diolah dan menjadi hasil pengukuran kualitas air, yaitu : kurang stabil dan stabil.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Pada bab ini dijelaskan tentang kajian teori dari referensi penunjang penjelasan permasalahan. Adapun bahasan dalam bab ini meliputi penelitian sebelumnya, teori *monitoring*, budidaya ikan teknik bioflok, sistem kontrol, arduino, sensor pH, sensor suhu, modul gsm, sistem telemetri gsm dan logika *fuzzy*.

#### 2.1 Kajian pustaka yang relevan

Pada tahun 2016, Aidil dkk melakukan penelitian dengan judul *Pengaruh Suhu Terhadap Derajat Penetasan Telur dan Perkembangan Larva Ikan Lele Sangkuringan (Clarias gariepinus var. sangkuriang)*. Peneliti menggunakan metode penelitian eksperimental dengan 4 perlakuan suhu (A: 25 °C; B : 28 °C; C: 30 °C; D: 32 °C) untuk melihat hasil respons suhu terhadap derajat penetasan telur dan perkembangan larva ikan lele. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu optimal untuk penetasan telur ikan lele adalah 28 °C. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa suhu berpengaruh nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup dan abnormalitas larva Lele Sangkuriang ( $p < 0,05$ ). Relevansi dari penelitian ini adalah pengaruh suhu terhadap perkembangan ikan lele. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa suhu optimal untuk perkembangan ikan lele adalah 28 °C, yang mana sesuai dengan standar yang dibuat oleh BSN.

Tahun 2016 Arief dan Sumarna membuat rancang bangun sistem kontrol pH air pada kolam pembenihan ikan lele (*Clarias gariepinus*) di balai pengembangan teknologi kelautan dan perikanan (BPTKP) Cangkringan, Sleman,

Yogyakarta. Penelitian ini menggunakan rangkaian sensor pH fiber optik berbentuk “U”, rangkaian pengkondisi sinyal fotodiode, rangkaian saklar transistor, rangkaian *driver relay*, serta pompa asam dan basa. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem kontrol pH dapat bekerja sesuai dengan *set point* yang dikehendaki yakni pada tegangan (4,01 – 4,08) volt atau jika dikonversi pH 6 sampai 9. Pertumbuhan benih ikan lele dari hasil pengukuran panjang tubuh ikan sebelum ditebar di kolam semen menunjukkan hasil bahwa ketika kolam diberi perlakuan sistem kontrol pH rata-rata memiliki panjang tubuh ikan lele 2,3 cm sedangkan pada kolam yang tidak diberi sistem kontrol pH rata-rata memiliki panjang tubuh 1,9 cm.

Tahun 2017, Hermansyah dkk membuat rancang bangun pengendali pH air untuk pembudidayaan ikan lele berbasis mikrokontroler atmega 16. Penelitian ini menggunakan ATmega16 sebagai mikrokontroler dan sensor pH sebagai detektor tingkat keasaman air (pH air). Berdasarkan hasil pengamatan diketahui bahwa suhu air dapat mempengaruhi pH air, sehingga dapat berpengaruh pula pada tingkat aktivitas ikan lele tersebut. Salah satu aktivitas ikan lele yang diamati adalah kurangnya makan. Jika pH air kolam ikan lele dibawah 5,5 menyebabkan ikan lele kurang makan, hal ini dipengaruhi oleh keasaman air kolam tersebut, sehingga ikan lele ada yang mati. Penelitian ini berhasil merancang sebuah alat pengendalian pH air pada kolam ikan lele berbasis Mikrokontroler Atmega16, alat dapat menghidupkan dan mematikan pompa air, untuk mengisi air ke dalam bak kolam dan membuang air keluar kolam sesuai dengan kondisi air saat itu. Sehingga alat ini dapat diterapkan dalam pertanian kolam tradisional. Relevansi dari dua penelitian diatas dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti yakni penggunaan

pH sebagai indikator pertumbuhan benih ikan lele. Berdasarkan penelitian Arief dan Sumarna, apabila pH *termonitoring* dan terkontrol pada nilai pH 6 sampai 9, pertumbuhan ikan lele menunjukkan hasil yang lebih optimal. Hasil penelitian Hermansyah menyatakan apabila pH air kolam ikan lele dibawah 5,5 menyebabkan ikan lele mengalami penurunan nafsu makan. Hal ini dipengaruhi oleh keasaman air kolam tersebut, sehingga menyebabkan kematian ikan lele.

Penelitian tentang sistem *monitoring* budidaya ikan di kembangkan oleh Rivai dkk pada tahun 2010. Peneliti membuat sistem *monitoring* pH dan suhu air dengan transmisi data nirkabel. Penelitian ini dilakukan pada budidaya dan pembenihan ikan air tawar, Rivai dkk menggunakan elektroda pH sebagai sensor pH dan LM35 sebagai sensor suhu. Transmisi data *monitoring* pH dan suhu menggunakan *wireless RF Modules Xbee Pro type 802.15.4*. Hasil *monitoring* ditampilkan melalui PC dengan jarak 48 m dari tempat budidaya. Kelebihan dari penelitian ini adalah sistem *monitoring* dilengkapi kontroler *window* yang dapat mengkondisikan pH antara pH 6,5 sampai pH 9. Kelemahan penelitian ini, yaitu pada batasan jangkauan pengiriman data hasil *monitoring* serta tidak menjelaskan keakuratan hasil *monitoring*.

Pada tahun 2014, Hainudin melakukan penelitian tentang perancangan perangkat *monitoring* kadar keasaman (PH) air pada pembenihan ikan kerapu macan. Pada penelitian ini Hainudin membuat *monitoring* kadar pH dengan menggunakan sensor Analog pH Meter v1.0. *Monitoring* pH menggunakan *wireless Xbee* sebagai pengirim data dengan jangkauan pengiriman data 30 m pada *indoor* dan 100 m pada kondisi *outdoor*. Hasil *monitoring* alat ini ditampilkan melalui

Microsoft Visual Studio 2010 Ultimate. Kelebihan dalam penelitian ini adalah sistem dapat menyimpan data kapasitas memory sebesar 358 GB, dan maksimal 30.000 data. Kelemahan dalam penelitian ini yaitu ada batasan jangkauan pengiriman datanya, pada kondisi *indoor* jarak maksimal 14 m dan *outdoor* 40 , dimana semakin banyak penghalang antara perangkat pengirim (Tx) dan penerima (Rx) maka jangkauannya semakin pendek.

Tahun 2015, Wang membuat Perancangan Sistem Pemantauan dan Pengendalian Pintar untuk *Aquaponics* Berbasis *OpenWrt*. Sistem ini menggunakan beberapa sensor diantaranya sensor suhu, kelembaban, intensitas cahaya, ketinggian air, oksigen dalam air dan tingkat Ecoli yang semuanya dikontrol melalui mikrokontroler. Hasil dari *monitoring* ditampilkan di PC melalui aplikasi *OpenWrt*, sehingga bisa diakses jarak jauh dan *realtime*. Kelebihan pada penelitian ini adalah sistem ini dilengkapi sistem kontrol yang berfungsi untuk menghidupkan atau tidaknya pompa udara, pompa air, dan lampu jarak jauh sesuai dengan hasil *monitoring* yang diperoleh. Pada penelitian ini tidak dijelaskan berapa persen tingkat keakurasian alat, karena dalam penelitian tersebut terfokus pada cara mengetahui hasil pengukuran lewat aplikasi *OpenWrt*.

Pada tahun 2016, Cloete melakukan penelitian tentang perancangan dan pengembangan sistem pemantauan kualitas air secara *realtime* dengan judul *Design of Smart Sensors for Real-Time Water Quality Monitoring*. Pada penelitian ini, Cloete merancang 5 sensor sebagai parameter kualitas air, antara lain : Sensor suhu, sensor konduktivitas, sensor aliran, sensor pH, dan sensor ORP yang semuanya diproses melalui mikrokontroler. Penelitian ini berhasil merancang sistem

*monitoring* kualitas air dengan keakuratan data sebagai berikut, sensor suhu  $2.5^{\circ}\text{C}$ , sensor konduktivitas 14,71%, sensor aliran 6,28%, sensor pH  $\pm 0,51$ , sensor ORP  $\pm 24,14$  mV dan hasilnya ditampilkan dalam LCD melalui wireless ZigBee. Sistem *monitoring* dilengkapi dengan *buzzer* alarm sebagai notifikasi ketika parameter berada pada tingkat yang tidak aman. Sistem ini mempunyai kelemahan pada jangkauan jarak pengiriman data maksimum 13 meter.

Palimbunga, 2017 membuat sistem *monitoring* keasaman air berbasis jaringan nirkabel *WIFI IP*. Penelitian ini berhasil membuat *prototype* sistem *monitoring* keasaman air menggunakan sensor pH yang dapat *dimonitoring* melalui *website* pada *webserver* dan *Thingspeak*. Kelemahan penelitian ini adalah jangkauan jarak pengiriman data, yaitu 8 meter pada ruangan tertutup dan 15 meter pada ruangan terbuka. Selain itu, pada penelitian ini tidak disebutkan keakuratan sensor pH yang dipakai.

Penerapan metode sistem cerdas *fuzzy logic* sebagai penilai kualitas air yang akurat telah di ujicoba di beberapa penelitian. Hidayah et al., (2011 : 556-561) menerapkan metode *fuzzy* untuk *menonitoring* mutu kualitas air tambak ikan dengan menggunakan 6 indikator input sesuai standar The DOE-WQI (Department of Enviroment – Water Quality Index) yaitu berupa pH, nitrogen ammonical, permintaan oksigen biologis, padatan tersuspensi total, permintaan oksigen kimiawi, oksigen terlarut. Penelitian ini berhasil menerapkan logika *fuzzy* sebagai penilai kualitas air tambak dengan tiga output yaitu memadai, dapat diterima, dan sangat diterima.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Wahjuni et al., (2016 : 163-167) dengan judul *The Fuzzy Inference System for Intelligent Water Quality Monitoring System to Optimize Eel Fish Farming*. Peneliti menggunakan *Fuzzy Inference System* metode *Tsukamoto* sebagai sistem monitoring cerdas kualitas air untuk mengoptimalkan budidaya ikan Belut. Parameter lingkungan yang digunakan sebagai input berupa pH, oksigen terlarut dan suhu yang di dapat dari pembacaan sensor yang terhubung melalui mikrokontroler. Logika *fuzzy* diimplementasikan melalui mikrokontroler untuk mengendalikan proses monitoring secara cerdas. Hasil dari penelitian ini, sistem berfungsi dengan baik dengan pembacaan kesalahan sensor pH 0,0363, sensor suhu 0,0186, dan sensor DO 0,0923. *Fuzzy Inference System* metode *Tsukamoto* berfungsi dengan baik dengan akurasi 100%. Sistem monitoring pun dapat dipantau *user* dengan aplikasi *mobile* dan web secara *real time*.

Qur'ania (2017) melakukan penelitian dengan judul *Tsukamoto Fuzzy Implementation to Identify the Pond Water Quality of Koi*. Peneliti menggunakan Fuzzi *Tsukamoto* untuk mengidentifikasi kualitas air kolam berdasarkan data pengukuran parameter air (suhu, *pH*, *Tds*, *d.o* dan salinitas), untuk menentukan kondisi air (optimal, sedang, buruk, sangat buruk). Berdasarkan pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa teknik identifikasi fuzzy *tsukamoto* mampu memberikan simpulan kecocokan kualitas air kolam terhadap ikan koi.

Adapun relevansi dari tiga penelitian diatas dengan penelitian yang peneliti lakukan adalah penggunaan logika *fuzzy tsukamoto* sebagai penentu mutu atau kualitas air. Ketiga peneliti menggunakan *Fuzzy Inference System* metode *Tsukamoto* sebagai

sistem monitoring kualitas air untuk budidaya ikan. Peneliti akan menggunakan logika *fuzzy* sebagai penentu kualitas air budidaya ikan lele teknik bioflok.

Berdasarkan beberapa penelitian terkini yang sudah berhasil dilakukan dapat disimpulkan bahwa peneliti-peneliti tersebut telah berhasil membuat sistem *monitoring* kualitas air yang dapat diterapkan pada budidaya ikan dan hasil *monitoring* bisa di tampilkan melalui LCD, PC, maupun *smartphone*. Namun banyak penelitian yang tidak memberikan hasil akurasi dari sistem yang dibuat selain itu jangkauan jarak pengiriman data hasil *monitoring* yang masih terbatas. Oleh karena itu penelitian ini bermaksud untuk merancang sistem *monitoring* kualitas air dengan menggunakan mikrokontroler arduino dan aplikasi android sebagai penampil hasil *monitoring* sistem. Kemudian di implementasikan dalam pembudidayaan ikan lele teknik bioflok. Kualitas air yang akan di *monitoring* berupa suhu dan pH air kolam, dimana kedua variabel tersebut merupakan parameter penting dalam *monitoring* budidaya ikan lele teknik bioflok.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Sistem *Monitoring*

*Monitoring* didefinisikan sebagai siklus kegiatan yang mencakup pengumpulan, peninjauan ulang, pelaporan, dan tindakan atas informasi suatu proses yang sedang diimplementasikan (Mercy, 2005). Sistem *monitoring* dalam penelitian ini yaitu alat yang dapat melakukan pemantauan secara *realtime* terhadap kualitas air kolam budidaya ikan lele teknik bioflok dengan indikator berupa pH dan suhu air kolam secara teratur dengan jangkauan pengiriman data yang luas menggunakan GSM *Shield SIM800 v.2*. Hasil data *monitoring* diolah menggunakan



logika *fuzzy* dan dapat dilihat pada LCD serta dapat diakses melalui aplikasi yang terinstal pada telepon seluler dengan *operating system* android.

### 2.2.2 Budidaya ikan lele

Ikan lele adalah ikan jenis air tawar yang di sukai oleh kalangan masyarakat Indonesia ataupun mancanegara, dikarenakan rasa lele yang lezat, dagingnya yang empuk, durinya teratur, dan dapat disajikan dalam berbagai masakan (Cholilulloh, et al., 2017: 1814). Ciri-ciri ikan lele tubuhnya licin dan memiliki kumis yang panjang. Budidaya ikan lele secara umum dibedakan menjadi dua macam yaitu pembenihan dan pembesaran (Mahyuddin, 2008: 30). Kedua cara budidaya tersebut membutuhkan perhatian yang tidak mudah, dari pembenihan maupun pembesaran. Berikut ini adalah proses pembenihan dan pembesaran ikan lele:

#### 1. Proses Pembenihan Ikan Lele

Pembenihan ikan lele merupakan upaya untuk menghasilkan benih pada ukuran yang tertentu. Benih yang dihasilkan dapat dipelihara lebih lanjut pada kegiatan pembesaran (Mahyuddin, 2008: 30). Untuk memulai budidaya kolam ikan lele, pembudidaya ikan bisa mendapatkan benih ikan lele dari tangkapan dari sungai atau membeli benih-benih ikan lele di pemelihara ikan air tawar. Benih-benih ini biasanya dikumpulkan satu kolam dan dirawat selama dua minggu. Hal yang harus diperlukan dalam pembenihan ikan lele adalah kualitas air. Apabila kualitas air tidak optimal maka harus dilakukan pergantian air agar tidak terjadi kematian pada ikan ataupun menghambat pertumbuhan ikan. Maka dari itu budidaya ikan lele ini memang perlu perhatian yang besar.

## 2. Proses Pembesaran Ikan Lele

Pembesaran ikan lele ini dapat dilakukan pada kolam terpal, kolam beton atau pun di tambak. Ciri usaha pembesaran ikan lele yaitu dengan pembesaran secara intensif dilakukan dengan teknik yang modern dan biaya yang cukup besar. Dengan cara memberi pakan yang berkualitas dengan pakan buatan dari pabrik yaitu pellet. Ciri lainnya yaitu dengan cara usaha pembesaran secara intensif adalah dilakukan pergantian air. Tujuannya agar kualitas air normal dan tidak terlalu keruh, yang di sebabkan oleh sisa-sisa pakan. Hal ini di lakukan agar tidak terjadi kematian atau terkena penyakit pada ikan lele.

### 2.2.2.1 Kualitas air untuk ikan lele

Lingkungan perairan berpengaruh terhadap pemeliharaan, pertumbuhan dan reproduksi ikan budidaya. Jika kualitas air melewati batas toleransi, akan menimbulkan penyakit pada ikan. Kualitas air untuk ikan lele SNI Nomor 01-6484.5-2002 untuk ikan lele dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Kualitas air yang cocok untuk ikan lele

Parameter	Satuan	Kisaran Optimum
Suhu	°C	25-30
Nilai pH		6,5 – 8,5
Oksigen terlarut	Mg/l	>4
Amoniak (NH <sub>3</sub> )	Mg/l	<0,01
Kekeruhan	NTU	0-50

#### a. Suhu

Suhu merupakan faktor pengontrol dan berperan dalam sistem resirkulasi. Hal ini karena ikan menyesuaikan suhu tubuhnya mendekati keseimbangan suhu air. Suhu mempunyai pengaruh yang nyata pada respirasi, pemasukan pakan,

kecernaan, pertumbuhan dan berpengaruh terhadap metabolisme ikan. Suhu air memiliki pengaruh yang dominan terhadap respons konsumsi pakan seperti yang tercantum pada tabel 2.2

Tabel 2.2. Pengaruh suhu air terhadap respons konsumsi pakan ikan lele

Suhu air (°C)	Respon konsumsi pakan
Mendekati 0	Kondisi kritis minimal
8 – 10	Tidak ada respon terhadap pemberian pakan
15	Pemberian pakan berkurang
22	50% optimum
28 – 30	Pemberian pakan optimum
33	50% optimum
35	Pemberian pakan berkurang
36 – 38	Tidak respon terhadap pemberian pakan
38 – 42	Kondisi kritis minimal

Sumber : Tucker and Hargreaves (2004)

Berdasarkan SNI Nomor 01-6484.5-2002 untuk ikan lele, pertumbuhan ikan lele akan bagus jika dipelihara pada suhu air dan lingkungan yang hangat antara 25°C - 30°C. Perubahan suhu air pada kolam pemeliharaan dijaga tidak sampai lebih dari 4°C, perubahan suhu yang terlalu ekstrim akan menyebabkan ikan stres, dan bisa menyebabkan kematian pada ikan (Mahyuddin, 2008: 19).

#### b. Derajat keasaman pH

Nilai pH (*power of hydrogen*) merupakan ukuran konsentrasi ion H<sup>+</sup> di dalam air. Berdasarkan data SNI Nomor 01-6484.5-2002 untuk ikan lele, keasaman atau pH yang baik bagi ikan lele adalah pH 6,5 – 8,5. PH yang kurang dari 5 sangat buruk bagi lele, karena bisa menyebabkan penggumpalan lendir pada insang, sedangkan pH 8 ke atas akan menyebabkan berkurangnya nafsu makan ikan lele (BSN, 2004). PH merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh

terhadap pertumbuhan dan aktivitas bakteri pengoksidasi amonia (Esoy et al., 1998). Bakteri nitrifikasi (bakteri pengoksidasi amonia) lebih menyukai lingkungan yang basa dengan tingkat pH optimal untuk pertumbuhan bakteri heterotrof, yaitu berkisar 7,5–8,5.

c. Dissolved Oxygen (DO)

Oksigen terlarut (DO) merupakan faktor pembatas dalam sistem budidaya. Bila DO tidak dijaga pada nilai yang memenuhi, maka ikan menjadi stres dan tidak dapat makan dengan baik (Stickney, 1979).

d. Amoniak (NH<sub>3</sub>)

Menurut Kordi dan Tancung (2007), kadar amoniak (NH<sub>3</sub>) yang terdapat dalam perairan merupakan hasil metabolisme ikan berupa kotoran padat dan terlarut, yang dikeluarkan lewat anus, ginjal dan jaringan insang. Kotoran padat dan sisa pakan tidak termakan adalah bahan organik dengan kandungan protein tinggi yang diuraikan menjadi *polypeptida*, asam-asam amino dan akhirnya amonia sebagai produk akhir dalam kolam. Semakin tinggi konsentrasi oksigen, pH dan suhu air makin tinggi pula konsentrasi amoniak. Berdasarkan SNI Nomor 01-6484.5-2002 untuk ikan lele, konsentrasi amoniak yang baik untuk kelangsungan hidup ikan adalah kurang dari 1 ppm atau <0,01

e. Kecerahan

Menurut Kordi dan Tacung (2007), kekeruhan yang baik adalah kekeruhan yang disebabkan oleh jasad-jasad renik atau plankton. Tingkat kekeruhan yang rendah menunjukkan ekosistem yang sehat dan berfungsi dengan baik, dengan moderat jumlah plankton ada sesuai dengan rantai makanan. Sistem arus kekeruhan

yang tinggi dapat menghalangi cahaya yang dibutuhkan oleh vegetasi air terendam, selain itu bisa meningkatkan permukaan air dan suhu di atas normal, karena partikel tersuspensi dekat dengan permukaan memudahkan penyerapan panas dari sinar matahari. Adapun tingkat kekeruhan yang baik untuk kehidupan ikan adalah 0-50 NTU.

### 2.2.3 Teknik Bioflok

Bioflok merupakan sekumpulan bakteri mikroorganisme. Budidaya ikan lele teknik bioflok adalah teknik budidaya melalui menyeimbangkan karbon dan nitrogen dalam sistem budidaya untuk mengontrol kualitas air (Apriyani, 2017:12). Pada kolam tempat pembudidayaan ikan lele teknik bioflok, sangat penting diperhatikan pemberian pakan dan penambahan bakteri probiotik sebagai kontrol kualitas air kolam budidaya ikan diantaranya seperti suhu dan pH (Hastuti dan Subandiyono, 2014). Azim dan Little (2008) mengemukakan bahwa perlakuan teknologi bioflok pada pemeliharaan ikan membuat kualitas air di wadah pemeliharaan tidak stabil, salah satunya dan perubahan nilai pH.

Bioflok merupakan sekumpulan berbagai jenis mikroorganisme (bakteri pembentuk flok, bakteri filamen, fungi), partikel-partikel tersuspensi, berbagai koloid dan polimer organik, berbagai kation dan sel-sel mati (de Schryver et al., 2008). Menurut Avnimelech (2009), dalam teknik bioflok bakteri berperan sangat dominan sebagai organisme heterotrof yang menghasilkan *polyhydroxy* alkanat sebagai pembentuk ikatan bioflok. Pembentukan bioflok oleh bakteri terutama bakteri heterotrof secara umum bertujuan untuk meningkatkan pemanfaatan nutrisi, menghindari stress lingkungan dan predasi.

Teknologi bioflok dalam budidaya perairan yaitu memanfaatkan nitrogen anorganik dalam kolam budidaya menjadi nitrogen organik yang tidak bersifat toksik. Teknik bioflok dalam budidaya perairan menekankan pada pertumbuhan bakteri pada kolam untuk menggantikan komunitas autotrofik yang di dominasi oleh fitoplankton. Bioflok mengandung protein bakteri dan *polyhydroxybutyrate* yang dapat meningkatkan pertumbuhan ikan. Pada umumnya, bakteri memiliki ukuran kurang dari 5 mikron. Ukuran bakteri yang sangat kecil ini tidak dapat dimanfaatkan oleh ikan. Namun bakteri dalam bentuk bioflok dapat dimanfaatkan ikan sebagai pakan karena ukurannya mampu mencapai 0,5 mm hingga 2 mm (Manser, 2006; Avnimelech, 2006).

Penerapan teknik bioflok pada budidaya ikan lele memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap pertumbuhan benih ikan lele dibandingkan pembudidayaan dengan teknik konvensional (Abulias, 2014:16-21). Tabel 2.3 menggambarkan perbedaan hasil antara budidaya ikan lele teknik bioflok dibandingkan teknik konvensional. Selain pertumbuhan benih, manfaat penggunaan teknik bioflok apabila diaplikasikan dengan tepat adalah meminimalisir pergantian air atau bahkan tidak ada pergantian air kolam dalam sistem budidaya sehingga teknik ini ramah lingkungan. Penggunaan bioflok pada kolam budidaya ikan lele berkisar 5-10 ml/m<sup>3</sup>

Tabel 2.3 Perbedaan hasil antara budidaya ikan lele teknik bioflok dibandingkan teknik konvensional.

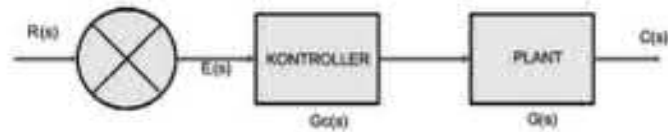
Pengamatan ke	Bioflok		Non Bioflok	
	Panjang (cm)	Berat (g)	Panjang (cm)	Berat (g)
1	1,7±0,9	0,048±0,006	1,7±0,4	0,046±0,006
2	3,2±0,7	0,201±0,003	2,5±0,9	0,151±0,003
3	5,5±0,4	0,746±0,006	3,7±0,5	0,458±0,007

## 2.2.4 Identifikasi Sistem Kendali

Tujuan pengendalian adalah untuk menyesuaikan input sehingga keadaan atau *output* dari sistem mencapai tujuan yang diinginkan. Identifikasi sistem dilakukan untuk mengetahui dinamika sistem dengan cara menyatakan dinamika sistem tersebut ke dalam persamaan matematik. Model matematik memiliki bentuk bermacam – macam bergantung sistem yang bersangkutan, akan lebih mudah jika direpresentasikan dengan *transfer function* (TF, fungsi alih). Selain itu, hubungan antara *input* dan *output* suatu sistem kendali dapat digambarkan dengan suatu blok (diagram blok) yang mengandung fungsi transfer. Dua tipe dasar sistem kendali adalah sistem kendali loop terbuka dan sistem kendali loop tertutup (Kim., 2017:57).

### 2.2.4.1 Sistem Kendali *Loop* Terbuka

Suatu sistem kendali yang mempunyai karakteristik nilai keluaran tidak memberikan pengaruh pada aksi kendali disebut sistem kendali *loop* terbuka (*OpenLoop Control System*). Sistem kendali *loop* terbuka tidak menggunakan umpan balik (Corrigan, 2012:6). *Error* antara masukan dan keluaran tidak dapat mempengaruhi atau menentukan *input* dari sistem yang dikendali (*Plant*). Meskipun *input* dan *output* dan tidak terpengaruh oleh gangguan, untuk setiap masukan acuan terdapat suatu kondisi operasi yang tetap. Sistem kendali *loop* terbuka digunakan pada beberapa penelitian dalam perancangan sistem *monitoring* kualitas air (Wang, 2015), (Venkateswaran, 2017). Sistem kendali *loop* terbuka dapat dilihat seperti gambar 2.1 dibawah ini.

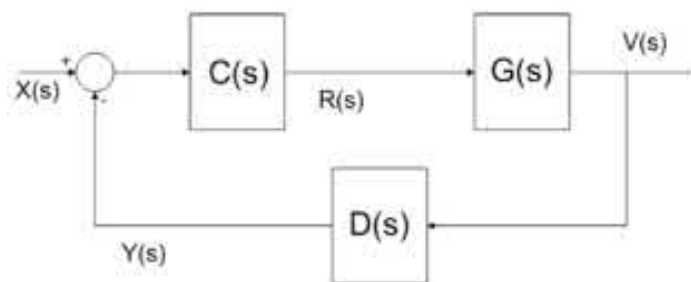


Gambar 2.1 Struktur sistem kendali *loop* terbuka

Keterangan:  $R(x)$  adalah referensi sinyal masukan,  $E(s)$ ,  $G(s)$  dan  $D(s)$  adalah fungsi alih sebuah sistem dan kontrolernya, dan  $C(s)$  adalah sinyal keluaran

#### 2.4.2 Sistem Kendali *Loop* Tertutup

Sistem kendali *loop* tertutup identik dengan sistem kendali umpan balik, nilai *error* dari keluaran akan ikut mempengaruhi masukan pada aksi kendalinya. Diagram struktur dari sistem kendali *loop* tertutup ditampilkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur sistem kendali *loop* tertutup

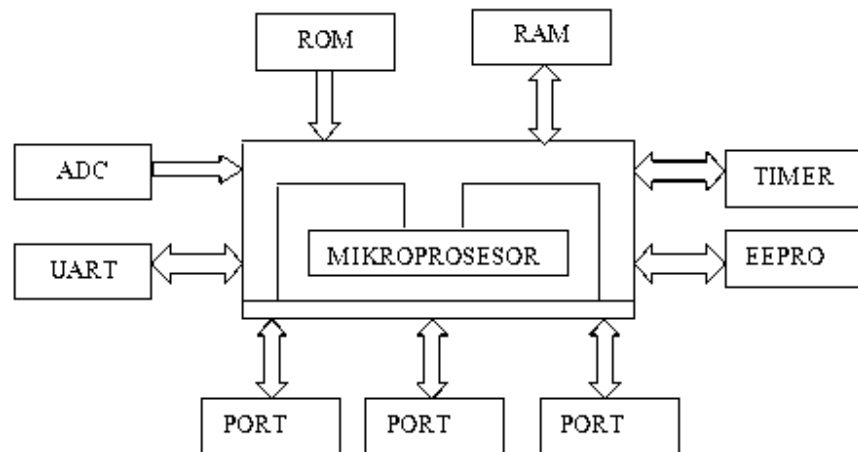
Keterangan:  $X(s)$  adalah referensi sinyal masukan,  $R(s)$  adalah sinyal *error* [ $R(s) = X(s) - Y(s)$ ],  $C(s)$ ,  $G(s)$  dan  $D(s)$  adalah fungsi alih sebuah sistem dan kontrolernya,  $V(s)$  adalah sinyal keluaran, dan  $Y(s)$  adalah sinyal *feedback*. Fungsi kontroler pada sistem kendali *loop* tertutup adalah untuk mengurangi kesalahan antara keluaran dan nilai tujuan yang diinginkan (*setpoint*). Sehingga peranan kontroler pada sistem kendali *loop* tertutup amat penting.



### 2.2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah computer didalam chip yang berfungsi untuk mengontrol perangkat elektronik (Parab, Jivan et al., 2017). Menurut Bejo (2008), mikrokontroler dapat dianalogikan dengan sebuah sistem komputer yang dikemas dalam sebuah *chip*. Artinya bahwa di dalam sebuah IC (*integrated circuit*) mikrokontroler sudah terdapat kebutuhan minimal dari mikroprosesor yaitu mikroprosesor, ROM, RAM, I/O dan *clock* seperti halnya yang dimiliki oleh sebuah komputer. Diagram blok rangkaian *internal* mikrokontroler ditunjukkan oleh gambar

2.3



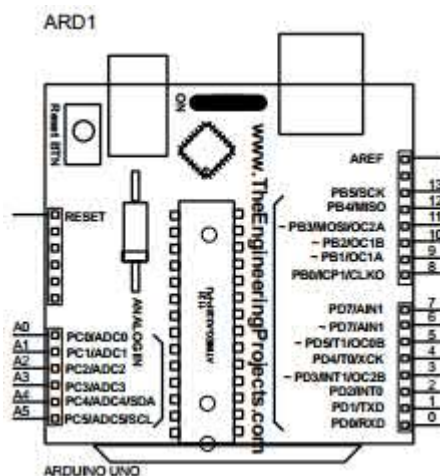
Gambar 2.3. Diagram Blok Rangkaian *Internal* Mikrokontroler

- a. Mikroprosesor : Unit yang mengesekusi program dan mengatur jalur data, jalur alamat, dan jalur kendali perangkat-perangkat yang terhubung dengannya.
- b. ROM (*Read Only Memory*) : Memori untuk menyimpan program yang dieksekusi oleh mikroprosesor. Bersifat *non volatile* artinya dapat mempertahankan data didalamnya walaupun tak ada sumber tegangan. Saat sistem berjalan memori ini bersifat *read only* (hanya bisa dibaca).

- c. RAM (*Random Access Memory*) : Memori untuk menyimpan data sementara yang diperlukan saat eksekusi program.
- d. *Port I/O* : *Port Input/Output* sebagai pintu masukan atau keluaran bagi mikrokontroler bergantung kontrol yang dipilih.
- e. *Timer* : Pewaktu yang bersumber dari osilator mikrokontroler atau sinyal masukan ke mikrokontroler. Program mikrokontroler bisa memanfaatkan *timer* untuk menghasilkan pewaktu yang cukup akurat.
- f. EEPROM : Memori untuk menyimpan data yang sifatnya *non volatile*.
- g. ADC : Konverter sinyal analog menjadi data digital.
- h. UART : Sebagai antar muka komunikasi serial tidak langsung

#### 2.2.6 Arduino Uno

*Arduino Uno* adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328 (Guntoro, H et al., 2013). *Arduino uno* memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, sangat mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB dan mensuplainya dengan sebuah *adaptor* AC (*Alternating Current*) ke DC (*Direct Current*) atau menggunakan baterai untuk memulainya. ATmega328 pada *arduino uno* hadir dengan sebuah *bootloader* yang memungkinkan untuk meng-*upload* kode baru ke ATmega328 tanpa menggunakan program *hardware eksternal* (Ichwan, 2013). Bentuk *arduino uno* ditunjukkan pada gambar 2.4



Gambar 2.4. Arduino Uno

Arduino uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya *eksternal*. *Eksternal (non-USB)* dapat datang dengan baik dari AC-DC adaptor atau baterai. *Board* dapat beroperasi pada pasokan daya 6-20 volt. Jika diberikan pasokan daya kurang dari 7V, board mungkin tidak stabil apabila menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panass dan merusak *board*. Rentang yang dianjurkan adalah 7-12 volt.

ATmega ini memiliki memori 32 KB dengan 0,5 KB digunakan untuk *loading file*. Arduino uno ini juga memiliki 2 KB dari SRAM dan 1 KB dari EEPROM. Arduino uno ini juga memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan computer, arduino lain maupun dengan mikrokontroler lain. ATmega328 ini menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). ATmega328 ini juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI yang digunakan untuk melakukan komunikasi *interface* pada sistem. Spesifikasi Arduino R3 dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel.2.4 Spesifikasi Arduino

Parameter	Spesifikasi
Mikrokontroler	<i>ATmega328P</i>
Tegangan Operasi	5V
Batas Tegangan Input	6-20V
Pin digital I/O	14 (6 pin <i>output</i> PWM)
Pin digital PWM I/O	6
Pin analog input	6
Arus DC per pin I/O	20 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB ( <i>ATmega328P</i> ) 0.5 KB digunakan sebagai <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB ( <i>ATmega328P</i> )
EEPROM	1 KB ( <i>ATmega328P</i> )
<i>Clock</i>	16 MHz

### 2.2.7 ADC (*Analog to Digital Converter*)

ADC (*Analog to Digital Converter*) adalah salah satu fasilitas mikrokontroler *Atmega 328* yang berfungsi untuk mengubah data analog menjadi data digital. ADC memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan *sampling* dan resolusi. Kecepatan *sampling* suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Resolusi ADC menentukan ketelitian nilai hasil konversi AD. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki *output* 8 bit data digital, ini berarti sinyal input data dinyatakan dalam 255 ( $2^n - 1$ ) nilai diskrit. ADC 10 bit memiliki 10 bit *output* data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 1023 ( $2^n - 1$ ) nilai diskrit. Dari penjelasan diatas dapat

diambil kesimpulan bahwa ADC 10 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang lebih baik daripada ADC 8 bit. Prinsip kerja ADC adalah mengkonversikan sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. Sinyal masukan analog ADC tidak boleh melebihi tegangan referensi. Nilai keluaran digital untuk sinyal masukan ADC untuk resolusi 10 bit adalah:

$$ADC = (V_{in} / V_{ref}) \times 1023$$

Keterangan :

$V_{in}$  = Tegangan dari sensor (0-5 Volt)

$V_{ref}$  = Tegangan referensi = 5 Volt

Data Digital (ADC) = Hasil data digital yang ditampilkan berdasarkan pengukuran sensor.

## 2.2.8 Sensor

Menurut Fraden (2004), Sensor merupakan suatu piranti (*device*) yang menerima sinyal atau rangsangan (stimulus) dan merespons sinyal tersebut dengan mengonversinya menjadi sinyal listrik. Sensor adalah suatu alat yang merubah dari besaran fisik menjadi besaran listrik (Santoso, et al., 2013). Menurut Hiskia (2007) Sensor adalah divais yang digunakan untuk merubah suatu besaran fisik atau kimia menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu

### 2.2.8.1 Sensor Suhu *DS18B20*

Sensor suhu adalah suatu komponen yang dapat mengubah besaran panas menjadi besaran listrik sehingga dapat mendeteksi gejala perubahan suhu pada

obyek tertentu (Wilson, 2005). Sensor *DS18B20* adalah jenis sensor suhu yang *waterproof* (tahan air), sehingga sangat cocok digunakan di lingkungan dengan tingkat kelembaban tinggi (Firanti, Y.O. *et al*, 2016). Sensor *DS18B20* memiliki keluaran digital meskipun bentuknya kecil (TO-92), cara untuk mengaksesnya adalah dengan metode serial *1 wire*. Bentuk dari sensor *DS18B20* ditunjukkan oleh gambar 2.5.



Gambar 2.5. Keterangan Kaki-kaki IC *DS18B20*

Karakteristik dari sensor *DS18B20* dapat dilihat pada tabel 2.5.

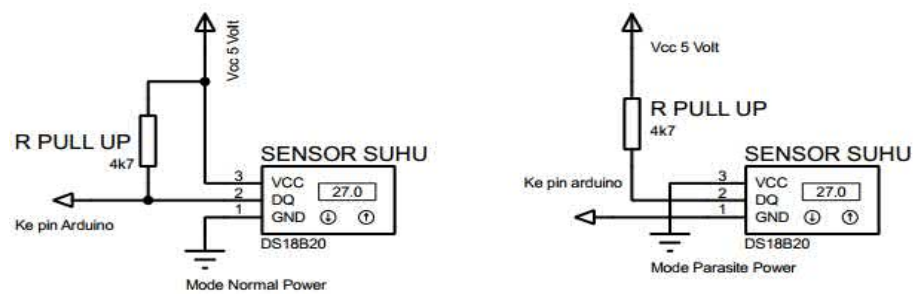
Tabel 2.5. Karakteristik Sensor *DS18B20*

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Supply Voltage	$V_{DD}$	Local Power	+3.0		+5.5	V
Pullup Supply Voltage	$V_{PU}$	Parasite Power	+3.0		+5.5	V
		Local Power	+3.0		$V_{DD}$	
Thermometer Error	$t_{ERR}$	-10°C to +85°C			±0.5	°C
		-55°C to +125°C			±2	
Input Logic-Low	$V_{IL}$		-0.3		+0.8	V
Input Logic-High	$V_{IH}$	Local Power	+2.2		The lower of 5.5 or $V_{DD} + 0.3$	V
		Parasite Power	+3.0			
Sink Current	$I_L$	$V_{DO} = 0.4$ V	4.0			mA
Standby Current	$I_{DDS}$			750	1000	nA
Active Current	$I_{DD}$	$V_{DD} = 5$ V		1	1.5	mA
DQ Input Current	$I_{DQ}$			5		µA
Drift				±0.2		°C

Sensor suhu *DS18B20* beroperasi dalam kisaran - 55 °C sampai 125 °C. Meskipun sensor ini dapat membaca hingga 125 °C, namun dengan penutup kabel dari PVC disarankan tidak melebihi 100 °C. Pada rentang suhu -10°C sampai 85°C, sensor suhu *DS18B20* memiliki akurasi  $\pm 0,5$  °C. Sensor ini memerlukan tegangan masuk sebesar 3-5 V (Aziz, 2017). Berdasarkan *datasheet*, sensor *DS18B20* tidak memerlukan komponen tambahan dalam pemasangannya (Alif, 2016). Secara *default*, *DS18B20* saat dihubungkan ke mikrokontroler resolusi ADC nya adalah 12 bit. Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu, apabila sensor diberikan tegangan referensi sebesar 5 Volt, maka akibat perubahan suhu, ia dapat merasakan perubahan terkecil sebesar  $5/(2^{12}-1) = 0.0012$  Volt. Sensor bekerja dengan konsep *direct to digital temperature sensor*, data perubahan suhu yang masih analog dikuatkan dengan penguat internal *DS18B20* dan dikonversikan dengan ADC sensor sehingga *output* yang dikeluarkan sensor *DS18B20* berupa sinyal digital 0 dan 1 yang mengindikasikan suhu tertentu. Kemudian *output* sensor diterima oleh mikrokontroler *ATMega2560* melalui *port* digital, setelah itu akan dilakukan pengolahan data didalam mikrokontroler sebelum data suhu ditampilkan ke layar lcd 16x2.

Pada gambar 2.5 IC *DS18B20* memiliki tiga kaki yaitu GND (*ground*, *pin* 1), DQ (*data*, *pin* 2), dan VDD (*power*, *pin* 3). Pada arduino VDD dikenal sebagai VCC, dalam hal ini kita asumsikan VCC sama dengan VDD. Tergantung mode konfigurasi, ketiga kaki IC ini harus dikonfigurasi terlebih dahulu. Sensor dapat bekerja dalam dua mode yaitu mode normal *power* dan mode *parasite power*.

Pada mode normal, GND akan terhubung dengan *ground*, VDD akan terhubung dengan 5V dan DQ akan terhubung dengan *pin* arduino, namun ditambahkan resistor *pull-up* sebesar 4,7k. Mode ini sangat direkomendasikan pada aplikasi yang melibatkan banyak sensor dan membutuhkan jarak yang panjang. Pada mode *parasite*, GND dan VDD disatukan dan terhubung dengan *ground*. DQ akan terhubung dengan *pin* arduino melalui resistor *pull-up*. Pada mode ini, *power* diperoleh dari *power data*. Mode ini bisa digunakan untuk aplikasi yang melibatkan sedikit sensor dalam jarak yang pendek. Kedua mode tersebut dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Konfigurasi *DS18B20* dalam Dua Mode

Pada gambar rangkaian 2.6 merupakan gambar rangkaian Konfigurasi *DS18B20* dalam dua mode dimana, Sensor suhu *DS18B20* tidak membutuhkan ADC untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. Sensor *DS18B20* tidak memerlukan komponen tambahan selain resistor *pull-up* sebesar 4,7K. Fungsi dari resistor ini adalah sebagai *pull-up* dari jalur data, dan diperlukan untuk membantu memastikan proses transfer data tetap berjalan stabil dan baik.

Sensor *DS18B20* ini digunakan sebagai pemantau suhu kolam ikan lele, karena sensor ini memiliki kelebihan tahan terhadap air (*waterproof*), sebab penggunaan sensor ini nantinya akan dengan cara diletakan didalam air kolam.



Dengan kabel sepanjang 1 meter, penempatan komponen sensor elektronika ini bisa diatur secara *fleksibel*.

#### 2.2.8.2 Sensor pH

Sensor pH adalah sensor yang dapat mendeteksi kadar pH air. Sensor ini sangat membantu mengingatkan tingkat kadar pH pada air atau untuk memantau kadar pH air untuk pencemaran air. Unit pH diukur pada skala 0 sampai 14. Kadar keasaman suatu larutan diaktakan netral apabila bernilai 7. Secara fisik, sensor ini terdiri dari *LED* sebagai power indikator, konektor *BNC*, dan *interface* sensor pH 2.0. Untuk menggunakannya, cukup menghubungkan sensor pH dengan konektor *BND*, dan pasang antarmuka pH 2.0 ke *port* input analog dari *Controller* Arduino. (Hafidz, 2015).

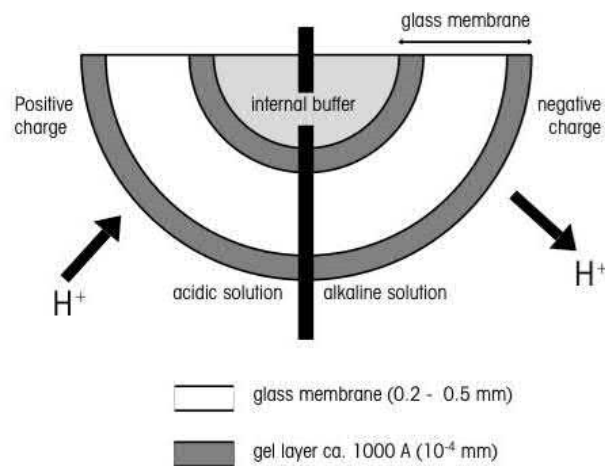
pH elektroda ini dirancang khusus untuk mikrokontroler arduino yang memiliki konektor praktis. Memiliki tingkat rentang akurasi sebesar  $\pm 0,1$  pH (25 °C). Untuk menggunakannya, hubungkan sensor pH dengan modul sensor pH kemudian dari modul sensor pH langsung masukkan ke *input* analog arduino. Bentuk dari sensor pH DFRobot versi 1,0 ditampilkan pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Sensor pH

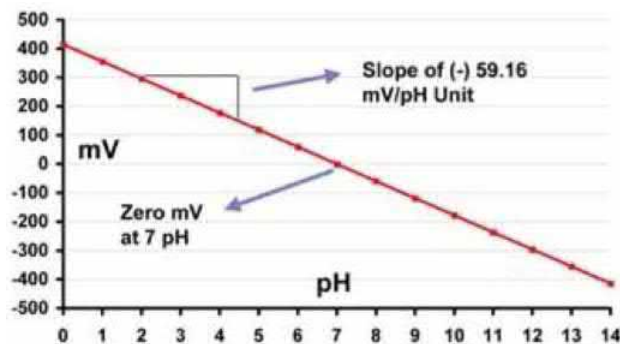
Prinsip kerja sensor pH ini terletak pada elektrode referensi dan elektrode kaca yang memiliki ujung berbentuk bulat (*bulb*) yang

berfungsi sebagai tempat terjadinya pertukaran ion positif ( $H^+$ ), pertukaran ion menyebabkan adanya beda potensial antara dua elektrode sehingga pembacaan potensiometer akan menghasilkan positif atau negatif (Onny, 2014).



Gambar 2.8 Proses Pertukaran Ion  $H^+$

Seperti pada ilustrasi di atas bahwa pada permukaan *bulb* terbentuk semacam lapisan “gel” sebagai tempat pertukaran ion  $H^+$ . Jika larutan bersifat asam, maka ion  $H^+$  akan terikat ke permukaan *bulb*. Hal ini menimbulkan muatan positif terakumulasi pada lapisan “gel”. Sedangkan jika larutan bersifat basa, maka ion  $H^+$  dari dinding *bulb* terlepas untuk bereaksi dengan larutan tadi. Hal ini menghasilkan muatan negatif pada dinding *bulb*.



Gambar 2.9 Kurva Perubahan pH Dengan Beda Potensial

Modul sensor pH sangat diperlukan pada sensor pH untuk mengonversikan nilai keluaran dari sensor (beda potensial antara kedua elektrode) menjadi nilai analog berbentuk sinyal *voltage*. Sensor pH mengeluarkan *output* berupa tegangan, semakin basa (nilai pH >7) maka sensor mengeluarkan tegangan semakin kecil, sebaliknya jika semakin asam maka sensor pH mengeluarkan tegangan yang semakin besar. Nilai analog tersebut yang akan diolah oleh mikrokontroler untuk menentukan derajat keasamaan (pH) suatu larutan termasuk dalam kondisi normal, asam, atau basa (Wicaksono, et al., 2017). Data yang diperoleh dari sensor pH dikirimkan ke mikrokontroler untuk selanjutnya diubah kedalam bentuk data digital yang kemudian dapat ditampilkan melalui LCD.

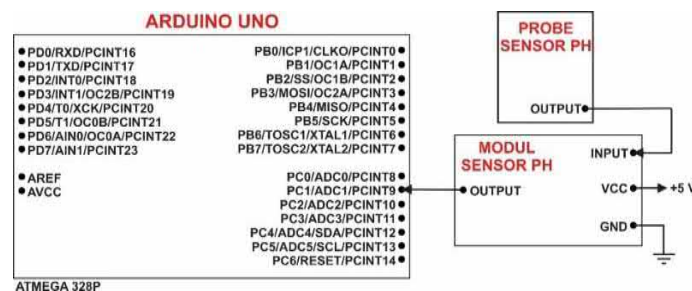
Spesifikasi *probe* sensor pH :

- Range pengukuran : 0-14 pH
- Resolusi : 0.01 pH
- Akurasi : 0.05 pH
- Dimensi : 150 mm
- Panjang kabel : 1,2 m

Spesifikasi modul sensor pH :

- Input tegangan : DC 5 V
- Range pengukuran : 0-14 pH
- Range temperature : 0-60 derajat celcius
- Respons time : 5 sec
- Stabilization time : 60 sec
- *Output* : analog
- Dimensi : 42mm x 32mm x 15 mm

Rangkaian sensor pH terbagi menjadi dua bagian yaitu *probe* sensor pH dan modul sensor pH. *Probe* sensor pH terhubung dengan modul sensor pH agar dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan. *Probe* sensor pH memiliki fungsi tahan terhadap air. Rangkaian sensor pH yaitu, *Probe* sensor pH terhubung dengan input modul sensor pH. Rangkaian sensor pH ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Rangkaian Sensor pH dengan Arduino uno

*Output probe* sensor pH terhubung dengan input modul sensor pH. Pin VCC terhubung dengan sumber tegangan +5 V<sub>DC</sub> dan pin *Ground* terhubung dengan ground/0 VDC. Selanjutnya pada modul sensor pH terdapat pin *output* yang terhubung dengan pin PC1 pada Arduino uno yang berfungsi sebagai pengolah data hasil pengukuran dari sensor pH.

### 2.2.9 Modul GSM

GSM (*Global System For Mobile Communication*) adalah sistem komunikasi seluler yang diterapkan pada telepon genggam yang digunakan sebagai alat komunikasi bergerak (Stalin, 2007). Modul GSM merupakan perangkat modul yang berfungsi sebagai media komunikasi antara mikrokontroler dengan *handphone/mobile device* yang bekerja pada sistem komunikasi GSM. Pada modul GSM terdapat submodul yang berfungsi sebagai pengendalian jarak jauh *via handphone* dengan *simcard* jenis *micro sim*.

Modul GSM dapat berkomunikasi dan beroperasi dengan mikrokontroler menggunakan perintah *ATCommand* (*Attention Command*), *ATCommand* adalah perintah yang dapat diberikan pada modem GSM/CDMA seperti untuk mengirim dan menerima data berbasis GSM/GPRS, atau mengirim dan menerima SMS, maupun perintah lainnya. Dapat dilihat pada tabel 2.6 merupakan contoh dari beberapa perintah *ATCommand*.

Tabel 2.6 Contoh beberapa perintah *ATCommand*

Perintah	Keterangan
<i>AT</i>	Mengecek apakah <i>handphone</i> telah terhubung
<i>AT+CSCR</i>	Membaca pesan
<i>AT+CMGS</i>	Mengirim pesan
<i>AT+CSCA</i>	Menampilkan adanya sms baru
<i>AT+CGSN</i>	Menampilkan nomor serial piranti
<i>AT+CSQ</i>	Memeriksa kualitas sinyal
<i>AT+CGATT</i>	Melampirkan perangkat ke layanan paket domain
<i>AT+SAPBR</i>	<i>Setting mode</i> koneksi menjadi GPRS
<i>AT+HTTPIPINIT</i>	Memulai layanan HTTP
<i>AT+HTTTPARA</i>	Setting alamat data HTTP
<i>AT+HTTTPACTION</i>	Mengirim perintah responss HTTP
<i>AT+HTTTPTERM</i>	Mengakhiri sesi HTTP

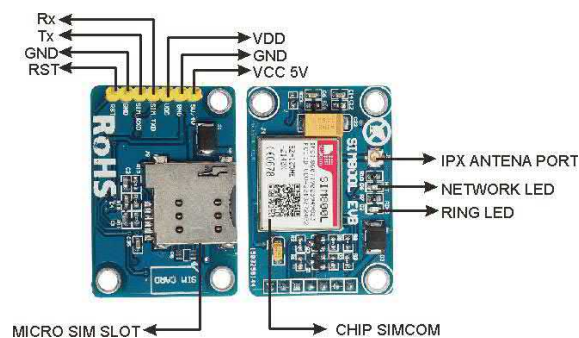
### 2.9.1 Modul GSM *SIM800L*

*SIM800L* merupakan salah satu modul GSM/GPRS *serial* yang dapat digunakan arduino untuk mengirimkan data ke internet dengan perintah *ATCommand*. Modul *SIM800L Ver.2* adalah pengembangan dari *SIM800L mini module*. Penggunaan Chip SIMCOM masih sama dengan *SIM800L v.1*, perbedaannya adalah *SIM800L Ver.2* mampu langsung bekerja pada tegangan VCC 5V sehingga tidak memerlukan rangkaian *Step down* seperti pada *breakout board* versi sebelumnya yang hanya mendukung tegangan 3,7-4,2 V dan sering

mengalami *error* akibat perubahan tegangan kerja. Berdasarkan *datasheet SIM800L v.2* memiliki spesifikasi sebagai berikut :

1. Modul GSM ini menggunakan IC *Chip* : *SIM800*.
2. Tegangan *Chip* : antara 3.7 – 4.2Vdc (tetapi pada *datasheet* = 3.4 – 4.4V), dan disarankan menggunakan 3.7 Vdc agar tidak terdapat notifikasi “*Over Voltage*”.  
Tegangan Modul : 5.0 V (batas tegangan = 4.9 – 5.2V)
3. Bekerja pada frekuensi jaringan GSM yaitu *QuadBand* (850/900/1800/1900Mhz).
4. Konektivitas *class 1* (1W) pada DCS 1800 dan PCS 1900GPRS, sedangkan pada *class 4* (2W) pada GSM 850 dan EGSM 900 GPRS *multi-slot class 1~12 (option)* tetapi *default* pada *class 12*.
5. Suhu pengoperasian normal : 40°C ~ +85°C.
6. *Transmitting power* modulnya *automatically boot* dan *homing network*.
7. Modul memiliki ukuran 4.0 cm x 2.8 cm

Modul GSM *SIM800L v.2* memiliki 7 pin *interface*. Gambar 2.11 menunjukkan bentuk Modul GSM dan pin *interface* GSM *SIM800L v.2*.



Gambar 2.11 Bentuk Modul GSM *SIM800L V.2*

Keterangan :

1. 5V = pin *Vcc*/tegangan sumber
2. GND = pin GROUND/0V
3. DD = pin *Vref*/tegangan referensi level Serial TXD RXD (*default NC* untuk level serial 5V)
4. SIM\_TXD = pin TX Serial (pengirim)
5. SIM\_RXD = pin RX Serial (penerima)
6. GND = pin *Ground*/0V untuk komunikasi serial (terhubung dengan GND pada pin *supply*)
7. RST = pin *RESET* untuk memulai ulang/*reboot* modul *SIM800L* (*active LOW*)
8. RING LED = Menyala (*High*) saat *power ON* dan berkedip saat saat tegangan *drop* dan modul akan *auto reset*
9. NET LED = Mode *Fast Blinking* (berkedip dengan cepat) saat mencari Jaringan/*searching network*. Mode *Slow Blinking* (berkedip dengan lambat) saat sudah mendapatkan jaringan/*Network Registered*

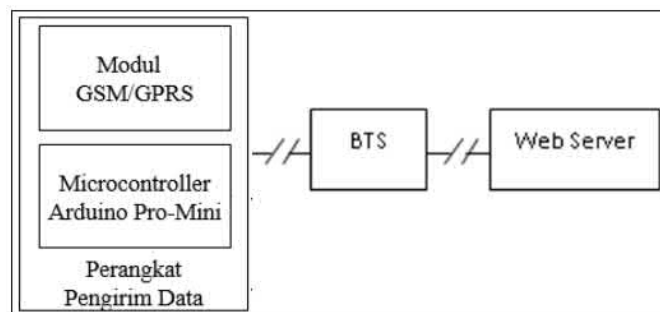
#### 2.2.10 Sistem Telemetry Berbasis GPRS

Telemetry adalah proses pengukuran suatu obyek (benda, ruang, kondisi alam) yang hasil pengukurannya dikirimkan ke tempat lain melalui proses pengiriman data baik melalui kabel maupun tanpa kabel (*wireless*). Proses ini diharapkan dapat memberi kemudahan dalam pengukuran, pemantauan dan mengurangi hambatan untuk mendapatkan informasi (Susanto, 2013).

Ada banyak jenis telemetri yang digunakan baik menggunakan kabel maupun tanpa kabel. Salah satunya adalah pengiriman data berbasis *Global System for Mobile Communication* (GSM) baik berupa SMS maupun *General Packet Radio Service* (GPRS). GPRS adalah layanan *non – voice* (bukan suara) yang memungkinkan informasi dikirimkan dan diterima melalui jaringan telepon genggam. GPRS merupakan sistem komunikasi data paket yang terintegrasi dengan sistem telepon seluler GSM. GPRS menggunakan teknik *Packet Switch* maksudnya adalah GPRS *radio resources* digunakan hanya jika pelanggan mengirimkan atau menerima data.

#### 2.2.10.1 Metode Pengiriman Data

Metode pengiriman data dan skema rangkaian perangkat pengirim data ini ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Metode Pengiriman Data ke *Webserver*

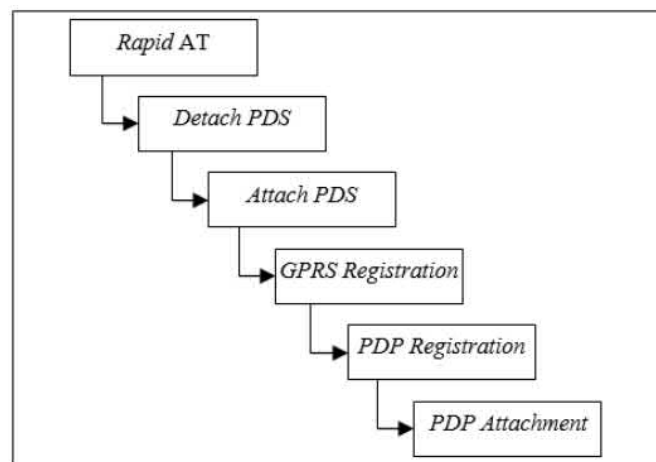
Pada gambar 2.12, data yang akan dikirimkan bersumber dari perangkat pengirim data. Perangkat pengirim data tersusun atas dua komponen, yaitu mikrokontroler (*microcontroller*) dan modul GPRS. Komunikasi kedua komponen tersebut dilakukan secara serial melalui pin Tx dan Rx. Dalam hal ini, mikrokontroler diprogram untuk memberikan perintah kepada atau menerima respons dari modul GPRS tersebut. Perangkat pengirim data terhubung ke jaringan



internet melalui konektivitas jaringan GPRS. Jaringan GPRS disediakan oleh berbagai layanan seluler di Indonesia melalui *Base Transceiver Station* (BTS). Dengan demikian, maka terhubungnya perangkat dengan jaringan internet akan memungkinkan adanya proses pengiriman data ke sebuah *webservice*.

#### 2.2.10.2 Konektivitas GPRS

Sebelum data dikirimkan, untuk menghubungkan modul GSM ke jaringan GPRS, dibutuhkan beberapa tahap seperti bagan pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Bagan tahapan konektivitas GPRS

##### 1. *Rapid AT*

Tahap ini merupakan awal komunikasi antara modul GSM dengan mikrokontroler. Dengan memberikan perintah AT melalui serial monitor, maka modul GSM akan merespons OK. Bila modul tidak merespons, maka dibutuhkan pengulangan perintah AT secara berkala dan stabil. Tahap ini merupakan bagian yang penting sebagai indikator bahwa modul GSM telah siap menerima perintah selanjutnya.

## 2. *Detach Packet Domain Service (PDS)*

Tahap ini merupakan pengkondisian layanan kartu SIM agar tidak terhubung (*detach*) dengan PDS. Hal ini diperlukan untuk mengkondisikan layanan kartu SIM untuk perintah selanjutnya dan mengurangi kemungkinan *detach* secara tiba-tiba. Untuk melakukan *detach*, modul GSM diberikan perintah  $AT+CGATT=0$ , yang mana 0 berarti *detach* dan akan direspons OK bila berhasil atau  $+CME ERROR$  bila gagal.

## 3. *Attach Packet Domain Service (PDS)*

Tahap ini merupakan bagian untuk menghubungkan (*attach*) layanan kartu SIM dengan PDS. Perintah yang diberikan adalah  $AT+CGATT=1$ , yang mana 1 berarti *attach* dan akan direspons OK bila berhasil atau  $+CME ERROR$  bila gagal.

## 4. *GPRS Registration*

Tahap ini merupakan upaya pendaftaran kartu SIM untuk *konektivitas* GPRS pada penyedia layanan. Perintah yang diberikan adalah  $AT+CGREG=2$ , yang mana 2 berarti *enable* dan akan direspons  $+CGREG: 2,1,"<location area code>","<cell ID>"$  atau  $+CME ERROR$  bila gagal.

## 5. *Packet Data Protocol (PDP) Context Registration*

Tahap ini merupakan lanjutan tahap registrasi GPRS dengan memasukkan tipe PDP dan *Access Point Name* (APN) dari penyedia layanan. Perintah yang diberikan adalah  $AT+CGDCONT=1,"IP","<APN>"$ , yang mana 1 merupakan identifier, dan "IP" merupakan tipe PDP, sedangkan "*<APN>*" merupakan *Access Point Name* yang disediakan oleh penyedia layanan seluler. Selanjutnya modul

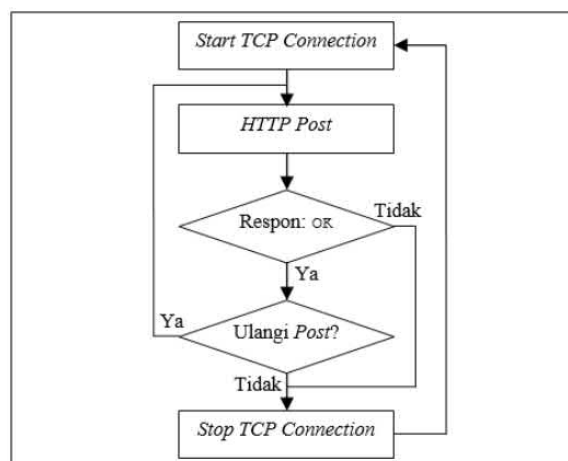
akan merespons `+CGDCONT:1,"IP", "<APN> ",,0,0` atau `+CME ERROR` bila gagal.

#### 6. PDP Attachment

Setelah registrasi berhasil, selanjutnya modul GSM diberikan perintah `AT+CGACT=1,1` untuk aktivasi *PDP Context* dan modul akan merespons `+CGACT: (1,1)` atau `+CME ERROR` bila gagal. Bila salah satu perintah dari enam tahap tersebut mengalami kegagalan (dengan respons: `+CME ERROR`), maka kegagalan respons akan terjadi pula pada tahap selanjutnya. Dalam hal ini, maka proses tahapan konektivitas harus diulangi dari awal.

#### 2.2.10.3 Pengiriman Data

Untuk memulai pengiriman data dibutuhkan langkah-langkah seperti pada gambar 2.14



Gambar 2.14 Langkah pengiriman data ke *webserver*

##### 1. Start TCP Connection

Tahap ini merupakan upaya menghubungkan perangkat dengan alamat *webserver* melalui TCP. Perintah yang digunakan adalah `"AT+HTTPINIT"` port dan modul akan merespons `CONNECT OK` atau `ERROR` bila gagal.

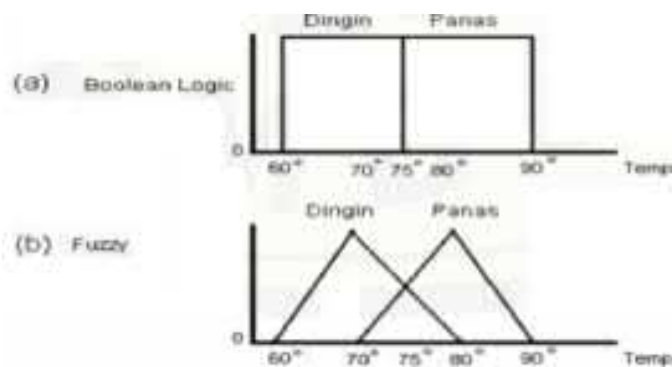
## 2. HTTP Post Data

Untuk mengirimkan data ke *webservice*, diperlukan metode *post* yang dituliskan setelah modul merespons melalui perintah *AT+HTTPPARA*. Perintah *post* membutuhkan format yang harus sesuai dengan *webservice*. Setelah menerima respons dari modul GSM, perintah Post dapat diulangi kembali sesuai dengan kebutuhan. Di sisi lain, bila perintah Post tersebut gagal, maka harus dilakukan pemutusan koneksi TCP melalui perintah *AT+HTTPTERM* sebelum memulai koneksi yang baru.

### 2.2.11 Logika *fuzzy*

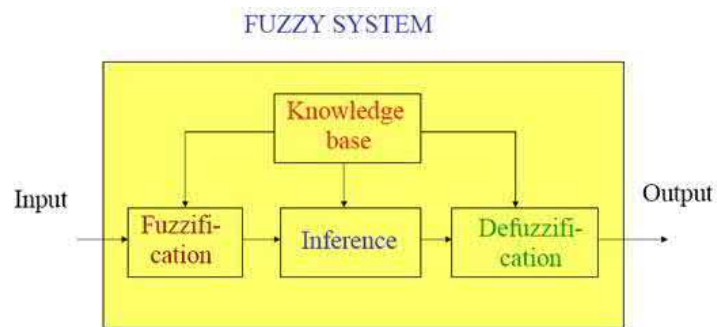
*Fuzzy* diperkenalkan oleh Dr. Lotfi Zadeh dari Universitas California, Berkeley pada 1965. Konsep matematika dari logika *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti. Logika *fuzzy* melibatkan aturan-aturan yang dinyatakan dengan kata-kata yang tidak memerlukan presisi tinggi serta terdapat toleransi untuk data yang kurang tepat. Logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti “sedikit”, “lumayan”, dan “sangat” (Athia, 2009).

Perbedaan *Fuzzy Logic* dengan *Boolean Logic* terlihat pada gambar dibawah ini :



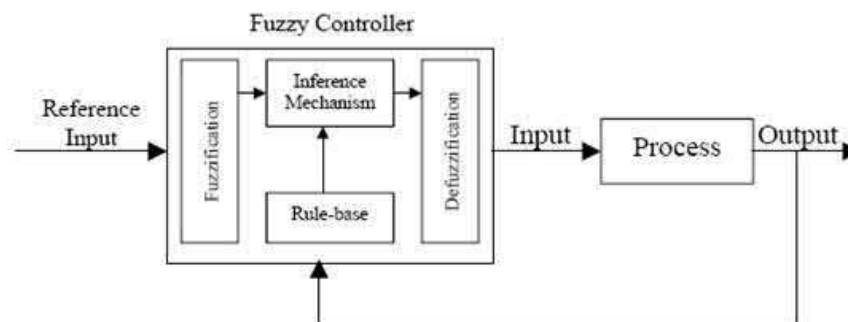
Gambar 2.15 Perbedaan *Boolean Logic* dengan *Fuzzy Logic*

### 2.2.11.1 Tahap Pemodelan dalam Logika *Fuzzy*



Gambar 2.16 Blok diagram sistem *fuzzy* 1

Dari blok diagram diatas, bila diterapkan dalam pengendalian suatu proses dapat kita gambarkan seperti blok diagram di bawah ini :



Gambar 2.17 Blok diagram sistem *fuzzy* 2

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu :

a. Variabel *fuzzy*

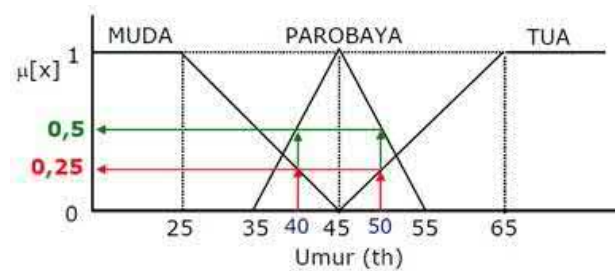
Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dsb.

b. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* adalah himpunan yang menyatakan suatu obyek dapat menjadi anggota dari beberapa himpunan dengan nilai keanggotaan yang berbeda.

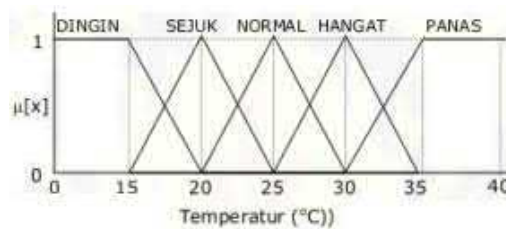
Contoh :

Variabel umur, terbagi menjadi 3 himpunan *fuzzy* yaitu : MUDA, PAROBAYA, TUA



Gambar 2.18 Fuzzifikasi umur

Variabel temperatur, terbagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu : DINGIN, SEJUK, NORMAL, HANGAT, dan PANAS.



Gambar 2.19 Fuzifikasi suhu

### c. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dapat dibatasi batas atasnya.

Contoh :

Semesta pembicaraan untuk variabel umur :  $[0 \ 8]$

Semesta pembicaraan untuk variabel temperatur :  $[0 \ 40]$

#### d. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, *domain* merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan.

Nilai *domain* dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Contoh *domain* himpunan *fuzzy*:

DINGIN = [0 20]

SEJUK = [15 25]

NORMAL = [20 30]

HANGAT = [25 35]

PANAS = [30 40]

#### 2.2.11.2 Struktur Dasar Logika *Fuzzy*

Kontroler logika *fuzzy* dikategorikan dalam kontrol cerdas (*intelligent control*). Unit logika *fuzzy* memiliki kemampuan menyelesaikan masalah perilaku sistem yang kompleks, yang tidak dimiliki oleh kontroler konvensional. Secara umum kontroler logika *fuzzy* memiliki kemampuan sebagai berikut :

- a. Beroperasi tanpa campur tangan manusia secara langsung, tetapi memiliki efektifitas yang sama dengan kontroler manusia.
- b. Mampu menangani sistem-sistem kompleks, non-linier dan tidak rasional.
- c. Memenuhi spesifikasi operasional dan kriteria kinerja.
- d. Strukturnya sederhana, kokoh dan beroperasi *real time*.

### 1) Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut yaitu :

- a) *Linguistik*, yaitu penamaan suatu grup yang memiliki suatu keadaan suatu kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti : DINGIN, SEJUK, NORMAL, HANGAT, PANAS.
- b) *Numeris*, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti : 40, 25, 15, dsb.

### 2) Fungsi Keanggotaan

Fungsi Keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1.

1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi.

### 3) Operator Dasar Operasi Himpunan *Fuzzy*

Ada tiga operator dasar yang diciptakan oleh zاده, yaitu :

#### a) Operator AND

Operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y])$$

#### b) Operator OR

Operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[y])$$



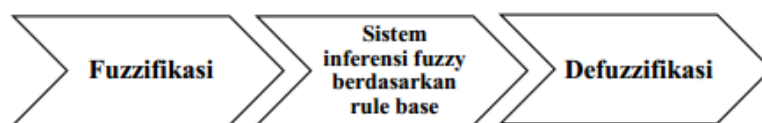
c) Operator NOT

Operator NOT diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A[x]$$

4) Sistem *Fuzzy*

Dalam sistem *fuzzy*, komponen terbagi menjadi 3 proses : *Fuzzifikasi*, Sistem *Inferensi Fuzzy* berdasarkan *rule base* yang ada, dan *Defuzzifikasi* (Chen and Pham., 2000:148). Ilustrasi proses dalam logika *fuzzy* ditunjukkan dalam gambar 2.20



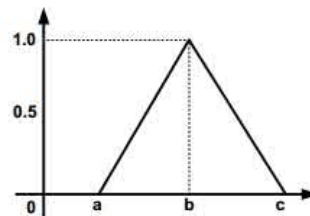
Gambar 2.20 Ilustrasi proses dalam logika *fuzzy*

Fungsi dari bagian-bagian pada proses dalam logika *fuzzy* adalah sebagai berikut;

a) *Fuzzifikasi*

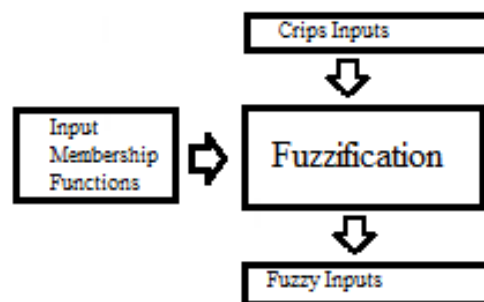
*Fuzzifikasi* adalah mengubah masukan yang memiliki nilai kebenaran bersifat pasti (*Crisp Input*) menjadi bentuk *input fuzzy* dengan menentukan nilai derajat keanggotaan terlebih dahulu. Sehingga input dapat dikelompokkan pada himpunan *fuzzy* yang tepat agar masukan *controller fuzzy* bisa dipetakan sesuai dengan himpunan *fuzzy*. Pemetaan digunakan dengan cara yang disebut fungsi keanggotaan (*membership function*). Fungsi keanggotaan dalam logika *fuzzy* dapat dipresentasikan melalui sebuah kurva (lihat gambar 2.21). Masukan data ke derajat keanggotaan memiliki rentang nilai antara 0 dan 1. Dengan fungsi keanggotaan

yang telah dirancang maka nilai-nilai masukan tersebut akan menjadi informasi yang berguna untuk proses pengolahan selanjutnya. Banyaknya jumlah suatu fungsi *membership* dalam *input fuzzy* menentukan banyaknya basis aturan yang akan dibuat. Ada banyak bentuk kurva yang digunakan untuk mewakili rangkaian himpunan *fuzzy*, salah satunya bentuk *triangular* atau segitiga (Grosan dan Abraham, 2011:224:228). Persamaan untuk kurva *fuzzy sets* bentuk *triangular* ditunjukkan oleh persamaan (2.1).



Gambar 2.21 Contoh kurva fungsi keanggotaan bentuk *triangular*

$$f(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c < x \end{cases} \quad (2.1)$$



Gambar 2.22 Fuzzifikasi

#### b) *Inference*

*Inference* adalah melakukan penalaran dengan menggunakan *fuzzy input* sebelumnya dan *fuzzy rules* yang sudah dibuat sebelumnya. Aturan *fuzzy*

merupakan pengkondisian dari *input fuzzy* kemudian melakukan tindakan berdasarkan *input fuzzy* tersebut. Secara Sintak aturan *fuzzy* ditulis menjadi IF antecedent THEN *consequent*. dan format berupa tabular kondisi (Chen dan Pham, 2000:156).

- a. Format Aturan *IF-THEN* “*IF premis THEN conclusion*”. Premis berupa fakta, dengan demikian dari kepakaran dapat diambil kesimpulan. Apabila pernyataannya lebih dari satu maka dapat digunakan logika “*AND*” atau “*OR*”.

Contoh penggunaan aturan IF THEN sebagai berikut :

*IF error is N THEN output is NB (Negative Big)*

*IF error is Z THEN output is Zero*

*IF error is P THEN output is PB (Positive Big)*

- b. Format Tabular

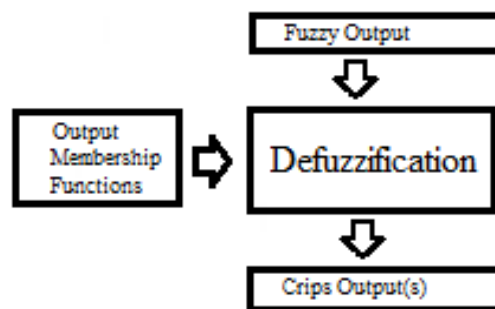
Proses dari inferensi *fuzzy* melibatkan fungsi keanggotaan operator logika *fuzzy* dan aturan *if then*. Ada tiga tipe sistem inferensi (keputusan) *fuzzy* yang dapat digunakan dalam logika *fuzzy* yaitu tipe *Mamdani*, tipe *Sugeno* dan tipe *Tsukamoto* (Grosan dan Abraham, 2011: 247- 256).

Sebagai contoh metode *inferensi fuzzy Mamdani*. Metode ini sangat umum digunakan dan dikenal dengan metode *max-min*. Dalam metode ini, baik masukan maupun keluaran sistemnya berupa himpunan *fuzzy*. Contoh tipe aturan penelitian *fuzzy mamdani* adalah sebagai berikut:

*Jika x adalah A dan y adalah B maka z adalah C* Keterangan *x* dan *y* adalah masukan sedangkan *z* adalah keluaran sistem. Sementara itu *A*, *B* dan *C* adalah himpunan *fuzzy*.

c) *Defuzzifikasi*

*Defuzzifikasi* adalah mengubah nilai *fuzzy output* menjadi sebuah *crisp value* sesuai dengan fungsi keanggotaan yang sudah ditentukan. Terdapat berbagai macam metode *defuzzifikasi* yang umum digunakan, yaitu *centroid method*, *height method*, *first or last of maxima*, *mean max method*, *weighted average*.



Gambar 2.23 Defuzzifikasi

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang diolah dan diimplementasikan, dapat disimpulkan bahwa :

- a. Penelitian ini berhasil membuat alat *monitoring* budidaya ikan lele ikan lele teknik bioflok yang akurat, menggunakan 2 sensor yaitu sensor suhu yang memiliki keakuratan 99,518% dengan nilai selisih  $\pm 0,152^{\circ}\text{C}$  dan sensor pH yang memiliki keakuratan 98,235% dengan nilai selisih  $\pm 0,0907$  yang bisa *dimonitoring* jarak jauh secara *realtime* dengan aplikasi android.
- b. Berhasil mengimplementasikan teknologi dalam perancangan alat *monitoring* budidaya ikan lele teknik bioflok. Selama periode pengujian, alat ini dapat terus menerus mengirimkan data suhu dan pH air kolam ke server basis data dengan jangkauan *monitoring* > 6 Km dengan rata-rata waktu kirim data 16 detik.

#### 5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat peneliti sampaikan guna perkembangan dalam penelitian berikutnya adalah sebagai berikut :

- a. Variabel dalam penelitian selanjutnya dapat diperbanyak, sehingga sistem *monitoring* pada kolam budidaya ikan lele teknik bioflok bukan hanya menampilkan data suhu dan pH namun juga faktor lain yang sangat berpengaruh terhadap budidaya ikan seperti: amoniak, oksigen terlarut (DO) dan kekeruhan.
- b. Menambahkan sistem kontrol otomatis supaya kualitas air kolam tetap stabil.

- c. Menambahkan baterai sebagai alternatif ataupun *backup* catu daya pada kondisi darurat, karena sistem yang dirancang saat ini masih bergantung pada daya listrik PLN.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Venkateswaran, H. Menda, P. Badar. 2017. An IoT Based for Water Quality Monitoring. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*. Vol.5. 2017
- Abulias, M.N., S.R. Utarini, E.T. Winarni. 2014. Manajemen Kualitas Media Pendederan Lele Pada Lahan Terbatas Dengan Teknik Bioflok. *JURNAL MIPA* 37(1): 16-21.
- Abulias, M.N., Utarini, DR., Winarni, ET. 2014. Manajemen Kualitas Media Pendederan Lele Pada Lahan Terbatas Dengan Teknik Bioflok. *JURNAL MIPA, 1; 16-21*
- Aidil, D., I. Zulfahmi, Muliari. 2016. Pengaruh Suhu Terhadap Derajat Penetasan Telur Dan Perkembangan Larva Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* var. Sangkuriang). *JESBIO* V(1): 30-33.
- Apriyani, I. 2017. *Budidaya Ikan Lele Sistem Bioflok : Teknik Pembesaran Ikan Lele Sistem Bioflok Kelola Mina Pembudidaya*. Yogyakarta: Deepublish.
- Arief, D.N., Sumarna. 2016. Rancang Bangun Sistem Kontrol pH Air Pada Kolam Pembenihan Ikan Lele (*Clarias gariepinus*) di balai Pengembangan Teknologi Kelautan dan Perikanan (BPTKP) Cangkiran, Sleman, Yogyakarta. *Jurnal Fisika* 6(1): 7-15.
- Astria, F., M. Subito, D.N. Nugraha. 2014. Rancang Bangun Alat Ukur pH dan Suhu Berbasis Short Message Service (SMS) Gateway. *Jurnal METRIK* 1(1): 47-55.
- Avnimelech, Y and M. Kochba. 2009. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in biofloc tanks, using <sup>15</sup>N tracing. *Aquaculture* 287: 163–168
- Avnimelech, Y. 2006. Bio-filters: The Need for An New Comprehensive Approach. *Aquacultural Engineering* 34: 172-178.
- Avnimelech, Y., M.C.J. Verdegem, M. Kurup, P. Keshavanath. 2008. Sustainable Land-based Aquaculture: Rational Utilization of Water, Land and Feed Resources. *Mediterranean Aquaculture Journal* 1: 45-55.
- Azim, M.E and D.C. Little. 2008. The Biofloc Technology (BFT) in Indoor Tanks: Water Quality, Biofloc Composition, and Growth and Welfare of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 283:29-35.
- Aziz, M.A. 2017. Rancang Bangun Alat Ukur pH dan Suhu Air Secara Otomatis Terintegrasi dengan Data Logger. *Skripsi*. Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Badan Standar Nasional. 2014. *Standar Ikan Lele Dumbo (Clarias sp.)*. SNI 6484.3:2014

- Bahtiar, Ahmad., Supeno, Bambang., Negara, M.A.P., 2016. Rancang Bangun Pengontrol Suhu dan Kekeruhan Air Kolam Ikan Patin Berbasis Fuzzy Logic. *Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEI) Fakultas Teknik Universitas Jember*.
- Bejo, A. 2008. *C dan AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega8535*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- C.S. Tucker and J.A. Hargreaves. 2004. *Biology and culture of channel catfish*. Amsterdam : *Elsevier*.
- Chen, Guanrong dan Pham, Trung Tat. 2000. *Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems*. London: CRC Press.
- Chinomi, Nutthaka et al., 2017. Design and Implementation of a smart monitoring system of a modern renewable energy micro-grid system using a low-cost data acquisition system and LabVIEW™ program. *Journal of International Council on Electrical Engineering*. Vol. 7, No.1 142-152.
- Cholilulloh, M., D. Syauqy, Tibyani. 2017. Implementasi Metode Fuzzy Pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Suhu dan Kekeruhan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. 2(5): 1813-1822.
- Cloete, N.A., R. Malekian, and N. Lakshmi. 2016. Design of Smart Sensors For Real-Time Water Quality Monitoring. *IEEE Access* 4(9):3975–3990
- Corrigan, D. 2012. An Introduction to Control System, Signal and System: 3C1. Control System Handout 1. *Electronic and Electrical Engineering*. 1-23
- De Schryver P., R. Crab, T. Defoirdt, N. Boon, W. Verstraete. 2008. The Basics of Bioflocs Technology: The Added Value for Aquaculture. *Aquaculture* 277: 125-137.
- Ekasari J. 2008. Bioflocs technology: the effect of different carbon source, salinity and the addition of probiotics on the primary nutritional value of the bioflocs. *Thesis*. Faculty of Bioscience Engineering. Ghent University. Belgium
- Ekasari, J. 2009. Bioflocs Technology: Theory and Application in Intensive Aquaculture System. *Jurnal Akuakultur Indonesia* 8(2): 117-126
- Firanti, Y.O. 2017. Sistem Monitoring Suhu Realtime Pada Kolam Pembenihan Ikan Berbasis Cloud Computing. *Skripsi*. Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Fitriandi, A., E. Komalasari, H. Gusmedi. 2016. Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro* 10(2): 87-98.
- Fraden, J. 2004. *Handbook of Modern Sensor Physics, Design and Application*. Springer-Verlag: New York.



- G. Chen and T.T, Pham. 2000. Introduction to Fuzzy sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control System. CRC Press : USA.
- Grosan, C., and A. Abraham. 2011. *An Intelligent System*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Guntoro, H., Y. Somantri, E. Haritman. 2013. Rancang Bangun Magnetic Door Lock Menggunakan Keypad dan Solenoid Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *ELECTRANS* 12(1): 39-48.
- Hafidz, A. 2015, Rancang Bangun Sistem Kontrol Akuarium Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Skripsi*. Universitas Nasional. Jakarta
- Hainudin. 2014. Perancangan Perangkat Monitoring Kadar Keasaman (pH) Air Pada Pembenihan Ikan Kerapu Macan di Pengujan Bintang. *Skripsi*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Hastuti, S., Subandiyono. 2014. Performa Produksi Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*, Burch) yang di Pelihara dengan Teknologi Biofloc. *Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology (IJFST) Jurnal Saintek Perikanan* 10(1) : 37-42.
- Heo, G. and J. Joonryong. 2009. A Smart Monitoring System Based on Ubiquitous Computing Technique for Infra-structural System: Centering on Identification of Dynamic Characteristics of Self-Anchored Suspension Bridge. *KSCCE Journal of Civil Engineering*. 13(5): 333-337.
- Hermansyah., E. Derdian, F.T. Pontia. 2017. Rancang Bangun Pengendali pH Air Untuk Pembudidayaan Ikan Lele Berbasis Mikrokontroler Atmega 16. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura* 2(1): 1-13.
- Hidayah, S.N., N. Tahir, M.Rusop, S. Rizam. 2011. Development of Fuzzy Fish Pond Water Quality Model. *IEEE Colloquium on Humanisties, Science and Engineering Research (CHUSER 2011)*.
- Hiskia. 2007. Perkembangan Teknologi Sensor dan Aplikasinya Untuk Deteksi Radiasi Nuklir. *Prosiding Seminar PPI-PDIPTN*. Batan. Yogyakarta. 7-18.
- Ichwan, M. 2013. Pembangunan Prototipe Sistem Pengendalian Peralatan Listrik Pada Platform Android. *Jurnal Teknik Informatika Institut Teknologi Nasional Bandung* 4(1): 13-25
- Kim, S. H. 2017. Electric Motor Control. Elsevier Science: Edition1 Chapter 2.
- Kordi, A. 2009. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Kordi, K. dan M. Ghufrani. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Jakarta: PT Rineka Cipta.

- Kordi, M.G.H. dan A.B. Tancung. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Kusumadewi. S dan H. Purnomo. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Mendukung Keputusan*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Lintang et al., 2017. Sistem Monitoring Kualitas Air Pada kolam Ikan Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan Komunikasi Zigbee. *Prosiding SNATIF*. Universitas Muria Kudus. Kudus. 145-152.
- Mahyudin. 2008. *Panduan Lengkap Agribisnis Lele*. Jakarta : Penerbar Swadaya
- Manser, R. and H. Siegrist. 2006. Activated Sludge –Biofilm Flocs. *Eawag News* 60:28-30
- Maturidi, A.J. 2014. *Metode Penelitian Teknik Informatika*. Yogyakarta: Deepublish
- Mazenda, G., Soebroto A.A., Dewi, C., 2014. Implementasi Fuzzy Inference System (FIS) Metode Tsukamoto Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Air Sungai. *Journal Of Enviromental Engineering & Sustainable Technology*. Vol. 01 No.2
- Mercy C. 2005. *Design, monitoring, and evaluation guidebook*.
- Nuriman, R.F., R. Paramanra, D. Nusyirwan. 2014. Perancangan Sistem Monitoring pH Air Berbasis Internet di PDAM TIRTA KEPRI. *Skripsi*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Palimbunga, R.L. 2017. Sistem Monitoring Keasaman Air Berbasis Jaringan Nirkabel WIFI IP. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- Parab, Jivan S.; Shelake, Vinod G.; Kamat, Rajanish K. And Naik, Gourish M. 2007. *Exploring C For Microcontrollers*. Springer. Dordrecht
- Qalit, Al., Fardian, A. Rahman. 2017. Rancang Bangun Prototipe Pemantau Kadar pH dan Kontrol Suhu Serta Pemberian Pakan Otomatis pada Budidaya Ikan Lele Sangkuriang Berbasis IoT. *KITEKRO : Jurnal Online Teknik Elektro* 1: 8-15
- Rivai, M., R. Dikairono, A. Tomi. 2010. Sistem Monitoring pH dan Suhu Air dengan Transmisi Data Nirkabel. *JAVA Journal of Electrical and Electronics Engineering* 8(2): 38-43
- Saelan, Athia. 2009. *Logika Fuzzy*. Bandung : Institut Teknologi Bandung
- Santoso, A.B., Martinus, Sugiyanto. 2013. Pembuatan Otomasi Pengaturan Kereta Api, Pengereman dan Palang Pintu Pada Rel Kereta Api Mainan Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal FEMA* 1(1): 16-23.

- Septiani, N., Maharani, H.W., Supono, 2014. Pemanfaatan Bioflok Dari Limbah Budidaya Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) Sebagai Pakan Nila (*Oreochromis niloticus*). *e-JRTBP* 2(2):267-272.
- Setiawan, L.B. 2018. Rancang Bangun Prototipe Alat Pemeliharaan Air Kolam Ikan Lele Berdasarkan pH dan Kekeuhan Air Berbasis Mikrokontroller. *Skripsi*. Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Semarang
- Stalin. 2007. *Komunikasi & Jaringan Nirkabel*. Alih Bahasa oleh Dimas Aryo Pamungkas, S.T. Erlangga. Jakarta
- Sugiyono. 2016. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung : Alfabeta
- Sunardi., H. Murti, Listiyono, Hersatoto. 2009. Aplikasi SMS Gateway. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK* XIV(1): 30-34
- Susanto, H., Pramana, R. dan M. Mujahidin. 2013. Perancangan Sistem Telemetry Wireless Untuk Mengukur Suhu dan Kelembaban Berbasis Arduino Uno R3 ATmega 328P dan XBEE PRO, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Maritim Raja Ali.
- Tucker C.S. and J.A. Hargreaves. 2004. *Biology and culture of channel catfish*. Amsterdam: Elsevier.
- Venkateswaran, A., H. Menda, P. Badar. 2017. An IoT Based for Water Quality Monitoring. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering* 5(4): 8510-8515.
- Wahjuni, S., A. Maarik, T. Budiardi, 2016. The Fuzzy Inference System For Intelligent Water Quality Monitoring System To Optimize Eel Fish Farming. *International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD) 2016*.
- Wahyono, S., U.M. Arief. 2015. Pengendalian Suhu dan Humidity Pada Alat Pengering Selesri Menggunakan Kontrol Fuzzy Logic. *Edu Elekrika Journal*. Vol. 4, hal 21-26.
- Wang, D., J. Zhao, L. Huang, and D. Xu. 2015. Design of A Smart Monitoring and Control System for Aquaponics Based on OpenWrt. *Proceedings of the 5th International Conference on Information Engineering for Mechanics and Materials*. Atlantis Press. 937-942.
- Wicaksono, A.W., Widasari, Edita Rosana., Utaminingrum, Fitri. 2017. Implementasi Sistem Kontrol dan Monitoring pH pada Tanaman Kentang Aeroponik Secara Wireless. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* 2(5): 386-398.
- Wilson, J. S. 2005. *Sensor Technology Handbook*. United States of America: Elsevier