

Implementasi Metode *Fuzzy* Pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Suhu dan Kekeruhan

Muchammad Cholilulloh¹, Dahnia Syauqy², Tibyani³

Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹khulikhulilsip@gmail.com, ²dahnial87@ub.ac.id ³tibyani @ub.ac.id

Abstrak

Kualitas air kolam yang kurang baik dapat menyebabkan kesehatan ikan akan terganggu, pertumbuhan ikan akan menjadi lambat dan bisa mengancam kegagalan panen. Faktor – faktor yang dapat mempengaruhi kualitas air meliputi suhu dan kekeruhan. Suhu air untuk pembudidaya bibit ikan lele berkisar 23°C – 30°C dan kekeruhan air dapat dilihat dari kejernihan air berdasarkan warnanya. Warna keruh pada air menyebabkan pantulan cahaya matahari tidak dapat masuk ke dalam air. Padahal pada proses pertumbuhan bibit ikan lele dibutuhkan cahaya sinar matahari yang cukup. Pada penelitian ini di gunakan metode *fuzzy* takagi-sugeno untuk mengukur kualitas air pada kolam bibit lele berdasarkan suhu dan kekeruhan. Parameter yang di gunakan ada dua yaitu parameter suhu dan sensor keruh. Output dari penelitian ini adalah kontrol pompa yang berfungsi untuk mengganti atau mengisi air kolam. Air kolam akan di ganti apabila sudah melewati batas range kekeruhan dan di isi apabila melebihi range suhu dingin ataupun panas yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil pengujian sistem ini dapat membaca nilai suhu dengan hasil rata-rata 2,39 % dan nilai kekeruhan dapat mengukur tingkat kepekatan air, serta dapat mengontrol kualitas air dengan baik.

Kata kunci: bibit ikan lele, metode fuzzy, pompa, sensor suhu, sensor keruh.

Abstract

Improper pool water quality can cause fish health will be disturbed, fish growth will be slow and can threaten crop failure. Factors that may affect water quality include temperature and turbidity. Water temperature for catfish seed cultivators ranges from 23°C - 30°C and turbidity of water can be seen from the clarity of water based on the color. Cloudy color on the water causes the reflection of the sun can not get into the water. Whereas in the process of growth of catfish seedlings needed enough sunlight. In this research used fuzzy takagi-sugeno method to measure water quality at catfish seed pool based on temperature and turbidity. Parameters in use there are two temperature parameters and turbidity sensor. The output of this research is the pump control that serves to replace or fill the pond water. The pond water will be replaced when it has passed the turbidity range limit and fill it if it exceeds the range of cold or hot temperature that has been determined. Based on the results of testing this system can read the value of temperature with an average yield of 2.39% and turbidity value can measure the level of water concentration, and can control the quality of water well.

Keywords: catfish seedlings, cloudy sensors, fuzzy methods, pumps, temperature sensors.

1. PENDAHULUAN

Pada pembudidayaan bibit ikan lele diperlukan pengawasan serta pemeliharaan yang sederhana, karena pembudidayaan bibit ini diperlukan kolam dengan kualitas air yang baik. Kualitas air menjadi faktor paling penting untuk pembudidaya, agar mendapatkan hasil ikan yang berkualitas baik dan bebas penyakit pada waktu

panen dan budidaya sehari-hari. Pada saat kondisi air kurang baik dapat menyebabkan kesehatan ikan terganggu, seperti pertumbuhan ikan akan menjadi lambat dan bisa mengancam pembudidaya ikan lele mengalami kegagalan panen. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas air pada kolam bibit ikan lele antara lain yaitu suhu dan kekeruhan, oleh karena itu kualitas air harus di pantau setiap hari. Suhu

normal yang digunakan untuk pembudidaya bibit ikan lele berkisar antara $23^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$ (Aldaka, 2013). Selain suhu ada juga faktor yang dapat mempengaruhi kualitas air kolam yaitu kekeruhan. Kekeruhan adalah faktor yang mengukur batas-batas kejernihan air meliputi warna air ataupun air yang tidak dapat dijangkau oleh cahaya matahari yang masuk. Hal-hal yang menyebabkan kekeruhan air kolam antara lain adanya zat-zat terlarut seperti plankton dan sisa-sisa makanan yang mengendap di dalam air. Kualitas air yang sangat keruh akan menyebabkan cahaya yang masuk ke dalam air banyak yang menyebar dari pada yang di teruskan kedalam air, padahal bibit ikan lele sangat membutuhkan sinar matahari untuk pertumbuhan. Dari beberapa penelitian kolam ikan lele hanyalah menggunakan monitoring saja. Namun dari penelitian tersebut terdapat masalah yaitu pergantian air secara manual dengan cara membuang beberapa persen air terlebih dahulu, kemudian di ganti dengan air yang berkualitas baik dari tandon atau dari sumur. Untuk menjaga kualitas air agar tetap stabil dan dalam keadaan baik, maka dibutuhkan suatu sistem Kontrol yang bekerja sebagai pengurasan dan penambahan air pada kolam.

Pada dasarnya Sistem kontrol adalah suatu sistem yang mengatur satu atau beberapa besaran variable, sehingga di tempatkan berada dalam satu rangkuman nilai yang ditentukan. Di dalam penelitian ini sistem kontrol yang digunakan sebagai pengontrol pompa. Selain itu sistem monitoring didefinisikan sebagai kegiatan yang mencakup tindakan atas informasi suatu proses yang sedang diimplementasikan. Di dalam penelitian ini monitoring kualitas air kolam ditampilkan diperangkat Android. Mikrokontroler merupakan komputer mikro yang kompleks dan dirancang untuk mengatur operasi atau menjadi kontrol pada sistem embedded. Mikrokontroler dapat di implementasikan di berbagai bidang (Huda, 2016).

Selain sistem kontrol, dan mikrokontroler penelitian ini juga memakai algoritma fuzzy yang berfungsi sebagai penentuan output. Algoritma *Fuzzy* merupakan algoritma yang menggunakan bahasa linguistik sederhana yang dapat dikuasai pembudidayaan kolam bibit ikan lele. Hal ini dikarenakan latar belakang pembudidaya kolam ikan, bukan dari kalangan orang yang dapat memahami pemograman yang kuat. Dengan logika *Fuzzy* dianggap lebih adil dalam mengambil keputusan kontrol, dimana

objek yang akan diamati adalah kualitas air bibit kolam ikan lele (Huda, 2016). Di dalam penelitian ini perhitungan *Fuzzy* digunakan untuk menaktifkan pompa otomatis.

Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Arief pada tahun 2013 yang berjudul Rancang Bangun Sistem Kontrol pH Air Pada Kolam Pembenihan Ikan Lele. Object yang diteleti adalah pH air kolam lele yang dalam penelitiannya dianggap dapat mempengaruhi daya hidup bibit ikan lele. Sementara itu tidak hanya pH air yang menjadi tolak ukur pada kualitas air kolam ikan lele. Namun suhu dan kekeruhan juga memiliki peran penting dalam menjaga kualitas kolam ikan bibit lele. Kelebihan penelitian ini yaitu semua percobaan berhasil dilakukan karena parameter sensor pH bisa membaca kualitas pH di air. Namun pada penelitian ini terdapat kekurangan dalam pengukuran kualitas air kolam bibit lele yang hanya menggunakan satu parameter. Padahal jika dikembangkan akan dapat lebih berguna untuk pembudidaya bibit ikan lele (Arief, 2013).

Berdasarkan studi kasus dan fakta literature di dalam latar belakang tersebut diadakanlah penelitian khusus oleh penulis. Selain itu juga dapat membantu para pembudidaya bibit ikan lele untuk mendapatkan lele yang sehat, bebas penyakit, bermutu dan lezat untuk di konsumsi. Maka dari itu penulis merancang alat "IMPLEMENTASI METODE *FUZZY* PADA KUALITAS AIR KOLAM BIBIT LELE BERDASARKAN SUHU DAN KEKERUHAN". Dimana sistem tersebut dapat mengontrol suhu dan kekeruhan air terhadap kualitas air pada kolam ikan lele dengan menggunakan perhitungan *Fuzzy* untuk mengaktifkan pompa sebagai penguras air serta penambah air dan berbasis android. Sehingga pengendalian tingkat suhu dan kekeruhan pada air dapat dikontrol dengan baik.

2. DASAR TEORI

2.1 Budidaya Ikan Lele

Ikan lele adalah ikan jenis air tawar yang di sukai oleh kalangan masyarakat Indonesia ataupun mancanegara, dikarenakan dagingnya mudah dan enak untuk dimakan. Ciri-ciri ikan lele tubuhnya licin dan memiliki kumis yang panjang di bagian kumisnya. Budidaya ikan lele

ini dibedakan menjadi dua macam yaitu pembenihan dan pembesaran. Kedua macam tersebut sangat membutuhkan perhatian yang tidak mudah, oleh karena itu kegiatan ini masih belum populer di kalangan masyarakat. Di karenakan masyarakat biasanya masih mengandalkan penangkapan di sungai atau di alam bebas. Berikut ini adalah proses pembenihan ikan lele dan proses pembesaran ikan lele.

1. Proses Pembenihan Ikan Lele

Pembenihan ikan lele merupakan upaya untuk menghasilkan benih pada ukuran yang tertentu sehingga yang akan didapatkan adalah benih yang didapat setelah masa pendederan. Untuk memulai budidaya kolam ikan lele, anda 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. Proses inilah yang membutuhkan kesabaran serta ketelitian. Hal-hal yang harus diperlukan dalam pembudidayaan ikan lele adalah kualitas air. Apabila kualitas air sudah sangat kotor maka harus dilakukan pergantian air agar tidak terjadi kematian pada ikan ataupun menghambat pertumbuhan ikan dan usahakan kolam ikan lele suhunya berkisaran antara 23°C - 30°C. 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 Fuzzy

Logika *Fuzzy* adalah peningkatan dari logika Boleaan yang mengenalkan konsep kebenaran sebagian. Di mana logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah binary (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak), logika *Fuzzy* menggantikan kebenaran

boolean dengan tingkat kebenaran. Oleh karena itu logika *Fuzzy* dapat memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistic, konsep tidak pasti seperti “sedikit”, “setengah” dan “banyak”. Dia berhubungan dengan set *Fuzzy* dan teori kemungkinan. *Fuzzy* diperkenalkan oleh Dr. Lotfi Zadeh dari Universitas California, Berkeley pada 1965. Dalam sistem *fuzzy*, komponen terbagi menjadi 3 proses, yaitu :

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah mengubah masukan yang memiliki nilai kebenaran bersifat pasti (*Crisp Input*) menjadi bentuk *input fuzzy*.

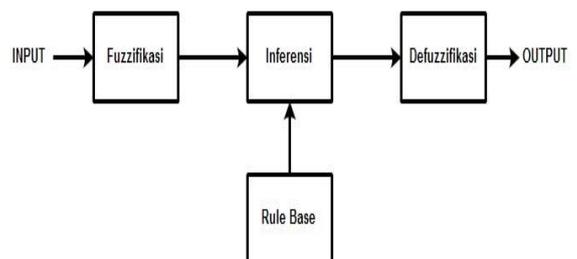
2. Inference

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 Sintakaturan *fuzzy* ditulis menjadi IF antecedent THEN consequent. Terdapat dua model aturan *fuzzy* yang banyak digunakan secara luas pada berbagai macam aplikasi yaitu model mamdani dan model sugeno

3. Defuzzification

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

Pada sistem in logika *fuzzy* yang digunakan adalah *fuzzy sugeno*, dikarenakan keluaran dari *fuzzy* ini bukan merupakan bilangan *fuzzy* tapi merupakan kosekuen dari kondisi rule yang dipetakan pada keluaran. Sehingga dapat digunakan pada sistem ini. Berikut ini adalah Gambar mengenai alur dalam sistem *fuzzy* dapat dilihat pada Gambar 1.

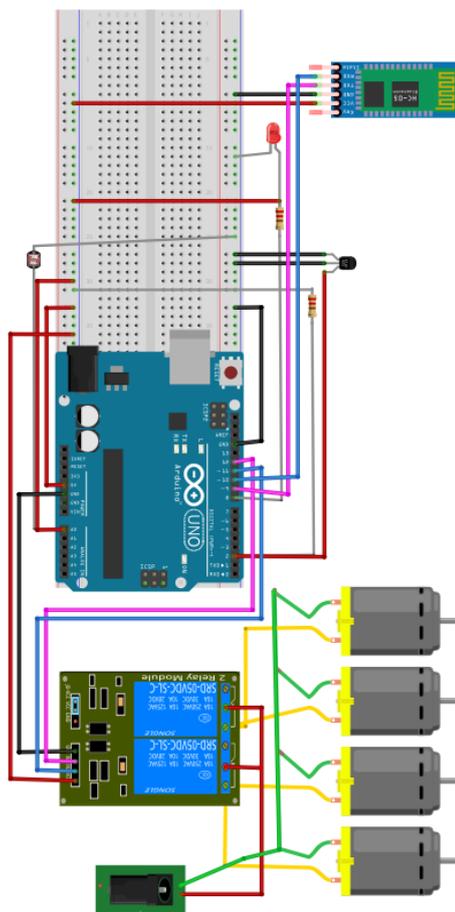


Gambar 1 Diagram blok sistem berbasis aturan fuzzy (Sutojo, 2011)

3 PERANCANGAN SISTEM

3.1 Perancangan Perangkat Keras

Pada perancangan perangkat keras yang di gunakan untuk merancang sistem,serta yang mendukung mikrokontroller Arduino UNO adalah metode fuzzy sugeno sebagai penerapannya. Metode fuzzy sugeno juga berfungsi untuk pengambilan keputusan output sistem. Input sistem ini ada dua sensor yaitu sensor DS18B20 untuk mengukur tingkat suhu di air dan sensor kekeruhan untuk mengukur tingkat kepekatan di air. Sedangkan outputnya menggunakan pompa sebagai pengurusan dan pengisian secara otomatis. Berikut ini adalah perancangan pin sistem dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Skema Perancangan Perangkat Keras

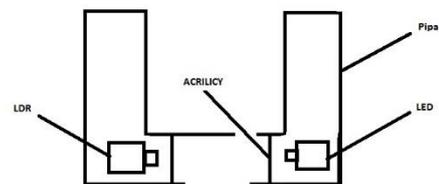
Berikut ini koneksi pin Gambar 1, ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Koneksi Pin Perangkat Keras

Pin Arduino UNO	Pin Suhu DS18B20	Pin Kekeruhan	Relay 2 Channel	Resistor 1 KΩ	Pompa 6 V	Bluetooth HC-05
VCC	VCC	VCC	VCC	VCC	VCC (Adaptor)	VCC
GND	GND	GND	GND	-	GND (Adaptor)	GND
A0	-	A0	-	-	-	-
TX	-	-	-	-	-	-
RX	-	-	-	-	-	-
Pin 2	Pin 2	-	-	Resistor	-	-
Pin 3	-	-	-	-	-	-
Pin 4	-	-	-	-	-	-
Pin 5	-	-	-	-	-	-
Pin 6	-	-	-	-	-	-
Pin 7	-	-	-	-	-	-
Pin 8	-	Pin 8	-	-	-	-
Pin 9	-	-	-	-	-	TX
Pin 10	-	-	-	-	-	RX
Pin 11	-	-	Pin 11	-	-	-
Pin 12	-	-	Pin 12	-	-	-
Pin 13	-	-	-	-	-	-

3.2 Perancangan Sensor Kekeruhan

Pada perancangan sensor kekeruhan menggunakan sensor LDR dan LED yang di masukkan ke dalam pipa yang berbentuk huruf U. Sistem pembacaan sensor kekeruhan ini menggunakan pembacaan cahaya LED yang dipancarkan ke sensor LDR. Jika cahaya yang di dapat oleh sensor LDR banyak maka nilai pembacaan sensor akan kecil dan jika cahaya yang di dapat sensor LDR sedikit makan nilai pembacaan sensor akan besar. Berikut ini adalah perancangan sensor kekeruhan pada Gambar 3.



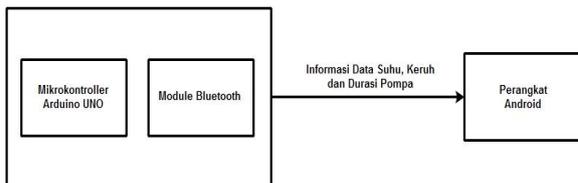
Gambar 3 Perancangan sensor kekeruhan

Berikut ini adalah hasil data sampel yang dibaca oleh sensor kekeruhan yang berupa nilai analog. Pengambilan data sampel ini pada tanggal 26 juni hari senin tahun 2017 di daerah kelurahan balarjosari, kecamatan blimbing kota malang yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Sampel Sensor Kekeruhan

No	Tidak Ada Air	Air Jernih	Air Aplikasi	Air Bibit Lele 1	Air Bibit Lele 2	Air Bibit Lele 3	Air Lele Besar
1	88	130	180	205	321	433	503
2	87	132	182	204	322	433	502
3	89	132	182	204	322	433	502
4	88	133	183	205	323	432	501
5	87	131	182	203	323	431	501
6	90	131	182	203	321	432	502
7	90	134	181	203	321	432	503
8	89	134	181	204	321	432	503
9	88	132	182	204	322	431	503
10	89	132	182	202	322	431	501

3.3 Perancangan Keluaran Bluetooth HC-05



Gambar 4 Perancangan Pengiriman Data

Pada Gambar 4, sistem ini keluaran yang dihasilkan oleh proses defuzzifikasi akan dikeluarkan oleh modul *Bluetooth* yang terkoneksi oleh perangkat android. Pada proses ini modul *Bluetooth* memerlukan *library* komunikasi serial untuk dapat mengirimkan data secara serial. *Library* ini merupakan *library* default yang ada pada arduino dan umum digunakan untuk komunikasi dengan perangkat *eksternal*. Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan inisialisasi dan deklarasi pin yang digunakan oleh *Bluetooth* serta melakukan setting baudrate yang digunakan.

Data yang dikirim oleh modul *Bluetooth* berupa informasi data suhu air, kekeruhan air dan durasi pompa menyala. Kemudian diterima smartphone android yang telah terinstal aplikasi yang kompatibel. Sedangkan perancangan aplikasi pada perangkat android menggunakan *appinventor2*. Pada program ditulis pemrograman yang memuat bagaimana perangkat android dapat menerima informasi data dari arduino UNO menggunakan antar muka *Bluetooth*.

3.4 Perancangan Keluaran Android

Pada sistem ini keluaran menggunakan *Bluetooth* yang akan dikoneksikan ke perangkat *android*. Perangkat android ini nanti akan menampilkan data berupa nilai suhu, nilai kekeruhan dan kondisi pompa dari perhitungan defuzzifikasi. Aplikasi android ini menggunakan *appinventor2*. Pengguna nantinya akan memilih perangkat *Bluetooth* sistem dan kemudian

terkoneksi. Setelah terkoneksi maka data akan dikirim menggunakan komunikasi serial.

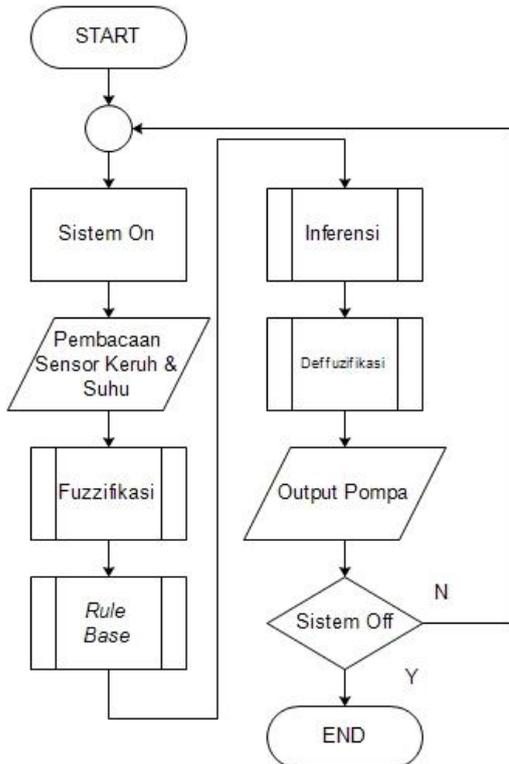
3.5 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak pada perancangan sistem ini berupa *sourcode*, program yang dibuat didalam software mikrokontroler bernama Arduino IDE. Program yang dibuat dengan menerapkan metode *Fuzzy* sugeno sebagai pengambilan keputusan untuk menentukan outputnya berdasarkan inputannya dari sensor DS18B20 untuk mengukur suhu dalam air dan sensor kekeruhan untuk mengukur tingkat kepadatan air. Perancangan perangkat lunak dimulai dari inputan masing-masing sensor yaitu sensor suhu DS18B20 dan sensor kekeruhan. Dari 2 inputan sensor akan di proses menggunakan metode *Fuzzy* sugeno untuk menentukan himpunan *Fuzzy*.

Menerapkan implementasi *Fuzzy* sugeno ke dalam sistem monitoring suhu dan kekeruhan yang akan diteliti, akan dibuat sebuah variable array yang digunakan sebagai penyimpanan hasil fuzzifikasi dari inputan sensor suhu dan kekeruhan. Setelah fuzzifikasi terpenuhi, terdapat juga variable inferensi *Fuzzy* dan defuzzifikasi. Inferensi *Fuzzy* ini menggunakan metode *min* yang berfungsi untuk menentukan nilai outputan sebagai bentuk pengambilan keputusan. Sedangkan variable defuzzifikasi ini menggunakan metode *max* untuk melakukan pembagian himpunan *Fuzzy* ke himpunan tegas (*crisp*) sehingga bisa didapatkan output dari sistem yang berupa pompa ON/OFF yang merupakan hasil dari defuzzifikasi. Hasil dari defuzzifikass tersebut kemudian dikirim untuk menjdai data output pada Android melalui *Bluetooth HC-05*

3.6 Perancangan Fuzzy

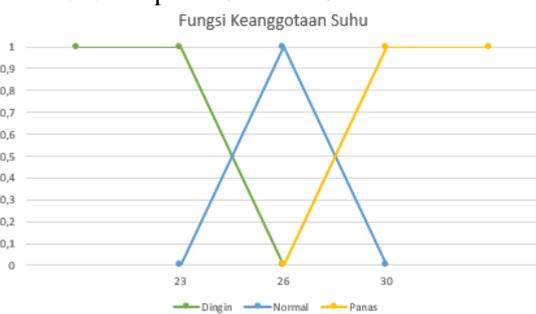
Perancangan sistem dengan implementasi metode *Fuzzy* membutuhkan beberapa tahap sehingga akan menghasilkan outputan yang sesuai dengan perhitungan *Fuzzy*. Tahap-tahap proses tersebut meliputi fuzzifikasi, pembuatan rule base, inferensi dan defuzzifikasi. Dalam metode *Fuzzy* menunjukkan bahwa proses pada control *Fuzzy* memiliki fungsi yang saling terhubung dengan proses lain sehingga dapat dihasilkan input dari proses sebelumnya sampai outputan akhir sistem..



Gambar 5. Gambar Flowchart Perancangan Fuzzy

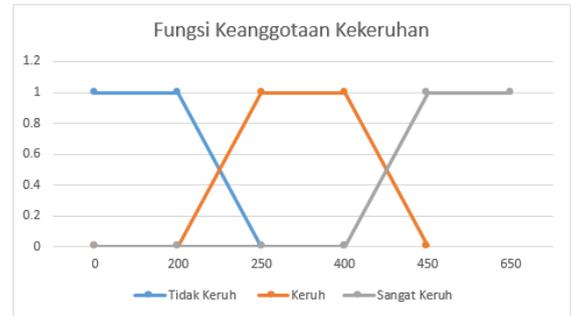
Pada Gambar 5, sub-sistem fuzzifikasi akan memproses 2 input yaitu input dari sensor suhu dan sensor kekeruhan. Data tersebut berupa nilai tegas atau crups. Fuzzifikasi ini mengubah dari nilai tegas ke nilai fungsi keanggotaan.

Pada fungsi keanggotaan sensor suhu memiliki 3 kondisi yaitu dingin, normal dan panas. Berikut ini adalah perancangan himpunan fuzzifikasi suhu pada Gambar 6.



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Suhu

Untuk fungsi keanggotaan sensor kekeruhan memiliki 3 kondisi yaitu tidak keruh, keruh dan sangat keruh. Berikut ini adalah perancangan himpunan fuzzifikasi kekeruhan pada Gambar 7.



Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Kekeruhan

Pada proses fuzzy perlu dibuat beberapa aturan yang disebut *rule*. *Rule* berisi beberapa kondisi yang mungkin terjadi beserta reaksi dari adanya kondisi tersebut. *Rule* yang digunakan pada sistem ini ada pada Tabel 3.

Tabel 3. Aturan Fuzzy

Rule No	Suhu	Kekeruhan	Pompa	Kondisi	Waktu
Rule 0	Dingin	Tidak Keruh	ON	CEPAT	10 Detik
Rule 1	Dingin	Keruh	ON	CEPAT	10 Detik
Rule 2	Dingin	Sangat Keruh	ON	Lama	15 Detik
Rule 3	Normal	Tidak Keruh	OFF	OFF	0 Detik
Rule 4	Normal	Keruh	OFF	OFF	0 Detik
Rule 5	Normal	Sangat Keruh	ON	Lama	15 Detik
Rule 6	Panas	Tidak Keruh	ON	Cepat	10 Detik
Rule 7	Panas	Keruh	ON	Cepat	10 Detik
Rule 8	Panas	Sangat Keruh	ON	Lama	15 Detik

Setelah proses rule base sudah didapatkan maka akan melakukan proses selanjutnya yaitu defuzzifikasi dimana setiap variabel akan mengevaluasi pada setiap rule untuk mencari nilai terbesar (High Method).

3.7 Implementasi Perangkat Keras

Pada bagian implementasi perangkat keras adalah hasil dari perancangan sistem yang telah jadi serta dapat digunakan sesuai dengan fungsinya. Sistem ini menggunakan beberapa komponen yaitu mikrokontroller, sensor, Android, dan pompa. Mikrokontroller yang digunakan adalah Arduino Uno, kemudian sensor suhu yang digunakan adalah sensor suhu air DS18B20 dan sensor kekeruhan. Sedangkan untuk outputnya di tampilkan di android dan menyalahkan pompa secara otomatis.



Gambar 8. Foto Bentuk Fisik Sistem

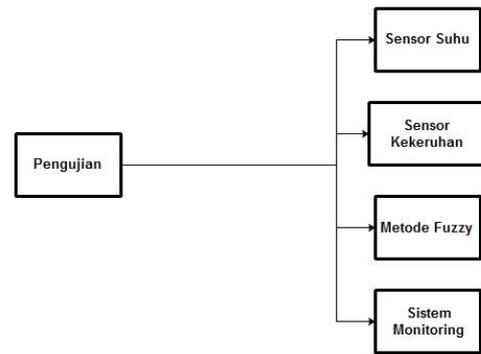
3.8 Implementasi Fuzzy Sugeno pada Sistem

Pada proses metode *fuzzy* dimulai dengan proses fuzzifikasi yaitu penentuan anggota himpunan *fuzzy*. Anggota himpunan ini merupakan parameter yang menjadi bahan masukan yang nantinya akan diproses dalam proses *fuzzy*. Selanjutnya dilanjutkan dengan proses inferensi, dan proses defuzzifikasi adalah proses berakhirnya proses implementasi fuzzy. Semua program dalam proses *fuzzy* ditulis dalam Arduino IDE.

Tahapan awal dalam melakukan proses *fuzzy* adalah melakukan inialisasi dan deklarasi variabel yang dibutuhkan dalam proses *fuzzy*. Variable tersebut ditempatkan pada awal pembuatan program pada Arduino IDE. Proses fuzzy dilakukan sampai dengan tahap defuzzifikasi. Setelah nilai dari defuzzifikasi sudah diketahui maka dapat dilanjutkan dengan menentukan keluaran sistem. Keluaran sistem ini nantinya akan menyampaikan keluarannya pada bluetooth yang terhubung perangkat android.

4 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian terhadap sistem dilakukan dengan menggunakan 4 jenis pengujian. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian sensor suhu, pengujian sensor kekeruhan, pengujian *fuzzy*, dan pengujian sistem monitoring. Pengujian dan analisis yang dilakukan pada sistem dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Pohon Pengujian dan Analisis

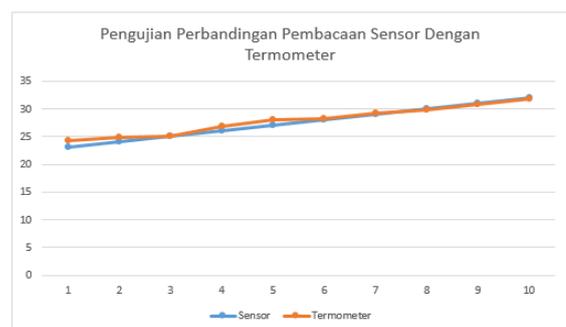
4.1 Pengujian Sensor DS18B20

Tujuan pengujian sensor DS18B20 dilakukan untuk mengetahui sistem error dari sensor. Nilai pengukuran sensor akan dibandingkan dengan suhu yang telah terdeteksi dengan termometer air Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan penambahan air panas sedikit demi sedikit. Hasil dari pengujian data sensor suhu dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengukuran suhu dan temperatur

Waktu	Pembacaan Sensor (°C)	Pembacaan Termometer (°C)	Error %
1	23	24.3	5.34 %
2	24	24.8	3.22 %
3	25	25.1	0.39 %
4	26	26.8	2.98 %
5	27	28.1	3.91 %
6	28	28.3	1.06 %
7	29	29.2	3.08 %
8	30	29.9	0.33 %
9	31	30.8	2.97 %
10	32	31.8	0.62 %
Rata - Rata			2.39 %

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 4, diketahui bahwa hasil pengukuran sensor suhu DS18B20 dan termometer memiliki percobaan sensor yang berberda tetapi tidak besar. Dikarenakan hasil dari rata-rata sistem error adalah 2.39 %. Berikut ini adalah gambar grafik pengujian sensor dengan termometer yang ditunjukkan oleh Gambar 10.



Gambar 10 Grafik sensor suhu dan temperatur

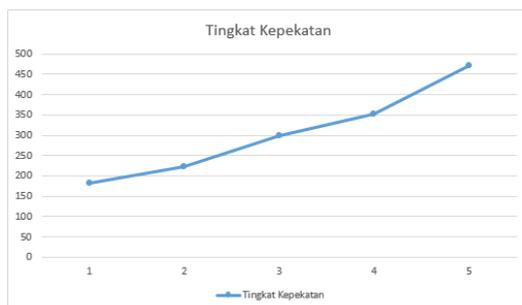
4.2 Pengujian Sensor Kekeuhan

Tujuan pengujian sensor kekeuhan untuk mengetahui tingkat kepekatan kualitas kondisi air. Outputan yang berupa nilai analog dari pembacaan sensor. Pengujian dilakukan dengan menyiapkan beberapa tempat yang sudah di isi air dengan kondisi air yang berbeda-beda. Pengujian dimulai dari sensor belum terkenak air sampai sensor masuk kedalam air serta dilakukan selama tiga kali pengukuran setiap satu tempat. Berikut adalah Tabel 5, yang merupakan hasil dari pembacaan sensor kekeuhan setelah melalui beberapa prosedur sehingga didapatkan data dari kekeuhan air.

Tabel 5 Pengukuran Sensor Keruh

No	Kondisi	Nilai Analog 1	Nilai Analog 2	Nilai Analog 3	Rata – Rata Dari Sampel
1	Belum Terkena Air	125	127	125	125
2	Tidak Keruh	180	182	182	181
3	Keruh	220	223	225	222
4		299	302	300	300
5		350	355	356	353
6	Sangat Keruh	470	473	472	471
Rata - Rata					330

Pada Tabel 5, menunjukkan bahwa pengujian data sensor telah berhasil dilakukan. Pengujian sensor dilakukan secara tiga kali pengukuran yaitu Nilai analog 1, Nilai analog 2 dan Nilai analog 3 setelah itu dicari nilai rata-rata dari tiga kali pengukuran setelah itu mencari nilai rata – rata keseluruhan. Ketika nilai sensor 180, 182, 181 menunjukkan bahwa kondisi air tidak keruh, kemudian jika nilai sensor 220, 299, 350 menunjukkan bahwa kondisi air keruh dan jika nilai sensor 470, 473, 472 menunjukkan bahwa kondisi air sangat keruh. Dari hasil pengujian tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa sensor berhasil mengukur tingkat kepekatan kondisi air dengan baik. Dikarenakan hasil dari rata – rata sistem adalah 330. Berikut ini adalah grafik dari pengujian sensor kekeuhan pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik pengukuran sensor keruh

4.3 Pengujian Proses Fuzzy

Pada pengujian ini dilakukan pengujian terhadap metode fuzzy yang digunakan pada sistem. Fuzzy yang digunakan pada sistem adalah fuzzy sugeno. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui hasil dari keluaran nilai fuzzy dari sistem dan keluaran fuzzy dari perhitungan manual.

Pada pengujian ini, prosedur yang dilakukan adalah melakukan input secara manual tanpa menggunakan sensor pada sistem. Hasil dari keluaran sistem nantinya akan dibandingkan dengan hasil keluaran yang dihitung menggunakan perhitungan secara manual. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali yang mewakili setiap kondisi pada rule yang telah dibuat pada aturan fuzzy. Berikut ini adalah hasil dari pengujian proses fuzzy yang dilakukan oleh sistem pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Perhitungan Fuzzy

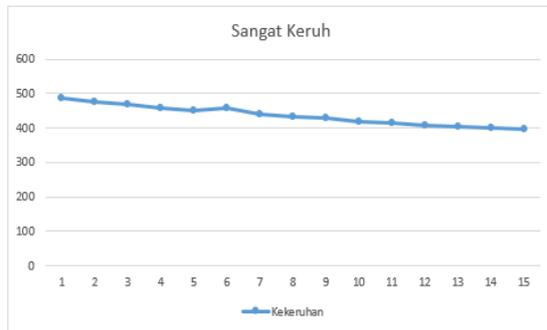
No	Pembacaan Sensor Suhu	Pembacaan Sensor Kekeuhan	Output Peritungan Sistem	Output Peritungan manual	Kondisi Pompa
1	27	255	0,75	0,75	OFF
2	29	298	0,75	0,75	CEPAT
3	25	451	0,67	0,67	LAMA
4	26	450	1	1	LAMA
5	25	350	0,67	0,67	OFF
6	24	225	0,50	0,50	OFF
7	23	550	1	1	LAMA
8	23	188	1	1	OFF
9	24	225	0,50	0,50	OFF
10	25	430	0,60	0,60	LAMA

Pada hasil dari pengujian ini yang ada pada Tabel 6, dapat dilihat keluaran dari kedua pengujian, yaitu keluaran dari sistem dan hasil dari perhitungan manual. Hasil dari keluaran sistem memiliki nilai yang sama dengan hasil dari perhitungan manual. Dengan demikian mana sistem sudah sesuai dalam melakukan perhitungan fuzzy. Dengan menggunakan 10 masukan yang memiliki kondisi yang berbeda, sistem dapat memberikan hasil keluaran yang sama dengan perhitungan manual.

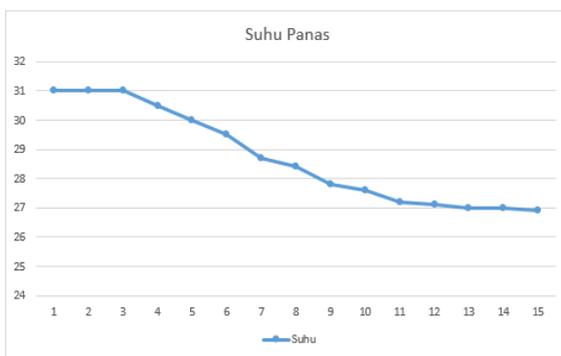
4.4 Pengujian Sistem Monitoring

Pada pengujian bab ini memperoleh hasil serta tujuan utama dari percobaan yang menggunakan metode Fuzzy, yaitu dapat mengetahui perubahn nilai output perdetiknya. Pada pengujian sistem monitoring output, maka penulis menggunkan 2 Arduino UNO. Arduino UNO satu digunakan untuk menghubungkan dengan sensor suhu dan keruh dan satunya digunakan untuk menyalahkan pompa selama waktu yang sudah ditentukan. Berikut ini adalah hasil dari pengujian proses sistem monitoring

yang ditunjukkan pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 12. Grafik pengukuran sensor keruh



Gambar 13. Grafik pengukuran suhu panas

Pada Gambar 12 dan Gambar 13 menjelaskan tentang perubahan kondisi air ketika air itu sangat keruh dan suhu panas. Pada grafik diatas perubahan dari sensor suhu mulai dari nilai suhu 31 sampai turun nilai suhu 27 selama 15 waktu detik dan perubahan dari sensor kekeruhan mulai dari nilai keruh 500 sampai turun ke nilai keruh 400 selama waktu 15 detik. Berdasarkan hasil dari Gambar 6.5 dan Gambar 6.6 pengujian dilakukan pada kondisi air sangat keruh dan kondisi suhu panas. Jumlah waktu tercepat untuk mencapai suhu stabil dan kekeruhan stabil adalah 5 detik pada suhu dan 10 detik pada kekeruhan. Sehingga dapat disimpulkan perubahan nilai lebih cepat sebelum durasi pompa berhenti.

5 KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan adalah.

1. Proses perancangan sistem monitoring suhu dan kekeruhan air kolam bibit ikan lele menggunakan mikrokontroler Arduino Uno, serta menggunakan sensor suhu dan sensor kekeruhan yang saling terhubung. Proses pembacaan sensor suhu meliputi pembacaan

suhu yang terdeteksi disekitar sensor. Proses pembacaan sensor kekeruhan meliputi pembacaan nilai Analog mulai dari 0 sampai 1023. Terbukti bahwa sistem dapat mengetahui suhu dan kekeruhan air kolam pada bibit ikan lele.

2. Implementasi logika *Fuzzy* sugeno pada sistem terdapat 3 proses yaitu proses fuzzifikasi, proses inferensi dan proses defuzzifikasi. Proses fuzzifikasi terdapat 2 variabel yaitu variabel suhu dan kekeruhan. Variabel suhu terdapat 3 himpunan yaitu dingin, normal dan panas. Serta untuk variabel kekeruhan terdapat 3 himpunan yaitu tidak keruh, keruh dan sangat keruh. Proses inferensi merupakan penggabungan banyak aturan berdasarkan data himpunan dari setiap variabel. Terdapat 9 aturan *Fuzzy* yang digunakan pada sistem dengan perintah "IF" dan "AND" sehingga menghasilkan "THEN". Proses yang terakhir adalah defuzzifikasi, proses defuzzifikasi menggunakan metode *high method* yang tiap variabel kondisi output akan dicari nilai terbesarnya (MAX).
3. Pengujian terhadap metode *Fuzzy* dilakukan perbandingan antara perhitungan manual dengan perhitungan sistem. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan hasil yang sama, baik perhitungan secara manual maupun secara sistem. Hal ini menunjukkan bahwa hasil dari pengujian metode *Fuzzy* sistem sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Pada pengujian perhitungan *Fuzzy ini* sistem juga dapat menentukan berbagai kondisi output pompa yaitu OFF, Cepat dan Lama. Di dalam setiap kondisi output terdapat juga waktu yang ditentukan yang meliputi OFF = 0 detik, Cepat = 10 detik dan Lama = 15 detik dengan inputan suhu dan kekeruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldaka, R. A. (2013). Sistem otomatisasi pengondisian suhu, ph dan kejernihan air kolam pada pembudidayaan ikan patin. *Sistem otomatisasi pengondisian suhu, ph dan kejernihan air kolam pada pembudidayaan ikan patin*, 1-7.

- Anwar, A. T. (2017). *Implementasi Sistem Monitoring Luapan Air Pada Selokan Menggunakan Metode Fuzzy*. Malang: Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
- Arief, N. (2013). Rancang Bangun Sistem Kontrol pH air Pada Kolam Pembenihan Ikan Lele. *Rancang Bangun Sistem Kontrol pH air Pada Kolam Pembenihan Ikan Lele*.
- Djuandi, F. (2011). Arduino pemograman C dan C++. *Arduino pemograman C dan C++*.
- Huda, M. (2016). sistem kontrol dan monitoring kualitas air tambak menggunakan fuzzy control berbasis graphical programming. *sistem kontrol dan monitoring kualitas air tambak menggunakan fuzzy control berbasis graphical programming*.
- Naba, A. (2009). Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab. Yogyakarta: Graha Ilmu. *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab. Yogyakarta: Graha Ilmu*.
- Singgare, K. (2008). Perancangan dan Pembuatan Alat Pengukur Derajat Keasaman Ph Air Tambak Udang Dengan penampilan Suhu. *Perancangan dan Pembuatan Alat Pengukur Derajat Keasaman Ph Air Tambak Udang Dengan penampilan Suhu*.
- Sutojo, T. (2011). *Kecerdasan Buatan*. Semarang: Andi Yogyakarta.