

## Sistem Klasifikasi Kualitas Air Kolam Ikan Lele dengan Metode *K-Nearest Neighbor* (KNN)

Dimas Ramadhan<sup>1</sup>, Barlian Henryranu Prasetyo<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya  
Email: <sup>1</sup>ramadhandimas18@ub.ac.id, <sup>2</sup>barlian@ub.ac.id

### Abstrak

Menjadi seorang peternak ikan memiliki tantangan tersendiri. Terdapat banyak hal yang harus diperhatikan supaya mendapatkan hasil panen yang melimpah. Salah satu diantaranya adalah dengan menjaga kualitas air kolam ikan. Untuk menjaga kualitas air kolam terdapat beberapa parameter penting yang harus diperhatikan. Parameter tersebut adalah tingkat kekeruhan air, nilai pH, suhu air, dan amonia. Atas dasar masalah tersebut dibuat sistem klasifikasi kualitas air kolam. Sistem ini bekerja dengan membaca data parameter air kolam menggunakan sensor. Parameter kekeruhan dibaca dengan sensor *turbidity*, pH dibaca dengan sensor pH, suhu dengan sensor DS18B20, dan amonia menggunakan sensor MQ-135. Berdasarkan pengujian sensor yang digunakan memiliki tingkat akurasi 98,31% pada sensor pH dan 94,26% pada sensor suhu. Data pembacaan sensor tersebut diolah menggunakan sebuah metode klasifikasi bernama *K-Nearest Neighbor* (KNN) yang mengklasifikasikan kualitas air kolam menggunakan kumpulan data latih. Data latih yang digunakan berjumlah 40 data dengan dua kelas, yakni “bagus” dan “buruk”. Pada penelitian yang dilakukan, klasifikasi tersebut menghasilkan akurasi sistem sebesar 90% dalam sepuluh kali percobaan.

**Kata kunci:** kualitas air kolam, *turbidity*, pH, MQ-135, DS18B20, *K-Nearest Neighbor* (KNN)

### Abstract

*Being a fish farmer has its challenges. Many things must be considered to get a bountiful harvest. One of them is to maintain the water quality of the fishpond. To maintain pond water quality, several important parameters must be considered. These parameters are water turbidity, pH value, water temperature, and ammonia. Based on this problem, a pond water quality classification system was created. This system works by reading pool water parameter data using sensors. Turbidity parameters are read with a turbidity sensor, pH is read with a pH sensor, temperature with a DS18B20 sensor, and ammonia using an MQ-135 sensor. Based on testing, the sensors used have an accuracy value of 98.31% on the pH sensor and 94.26% on the temperature sensor. The sensor reading data is processed using a classification method called *K-Nearest Neighbor* (KNN) which classifies pool water quality using a collection of training data. The training data used amounted to 40 data with two classes, namely "good" and "bad". In the research conducted, the classification resulted in a system accuracy of 90% in ten trials.*

**Keywords:** pond water quality, *turbidity*, pH, MQ-135, DS18B20, *K-Nearest Neighbor* (KNN)

### 1. PENDAHULUAN

Ikan merupakan komoditas pangan yang banyak dikonsumsi di Indonesia. Salah satu ikan tersebut adalah ikan lele. Ikan tersebut banyak dikonsumsi karena banyak peminatnya juga karena harganya yang terjangkau. Ikan tersebut juga sudah dibudidayakan oleh banyak orang. Namun karena permintaan pasar yang semakin tinggi, banyak orang yang ikut meramaikan

bisnis budidaya ikan lele. Namun menjadi peternak lele tidaklah mudah, karena harus memperhatikan berbagai aspek. Terdapat keluhan mengenai ikan lele yang mati secara tiba-tiba. Hal ini pun tidak hanya dialami oleh peternak yang baru mulai, tetapi juga dialami oleh peternak yang sudah cukup lama berkecimpung pada bisnis ini. Kebanyakan hal tersebut disebabkan karena kurang tepat dalam pengelolaan kolam, karena pengelolaan kolam membutuhkan banyak hal yang harus

diperhatikan. Salah satu aspek yang perlu diperhatikan adalah kualitas air (Muchammad Cholilulloh et. al, 2018).

Kualitas air kolam ikan yang baik dapat diperoleh dengan berbagai cara, salah satunya menggunakan proses klasifikasi air kolam. Proses ini menggunakan teknologi yang sudah maju dengan menggabungkan mikrokontroler dengan sensor-sensor yang dibutuhkan. Proses klasifikasi dilakukan dengan membaca informasi parameter pada kolam kemudian diklasifikasikan sesuai dengan acuan yang ada. Sehingga dihasilkan hasil baik atau buruknya kualitas air kolam dari proses tersebut.

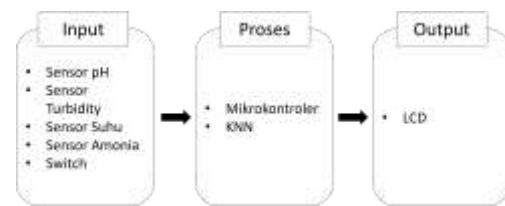
Proses klasifikasi pada kolam membutuhkan alat yang portabel. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi biaya. Alat yang portabel dimaksudkan agar alat dapat dipindah dari satu kolam ke kolam lainnya, mengingat seorang peternak lele biasanya memiliki kolam lele yang banyak dan tak jarang memiliki ukuran yang luas. Sehingga alat ini biasanya lebih memilih menggunakan baterai jika dibandingkan adaptor. Alat ini nantinya digunakan untuk membaca informasi parameter pada kolam.

Terdapat penelitian yang dilakukan oleh Muchammad Cholilulloh et al (2018) yang berhubungan dengan kualitas air kolam lele. Pada penelitian tersebut menghasilkan sistem yang mampu memonitor kualitas air dari kolam tersebut. Parameter yang digunakan pada penelitian tersebut ada dua yakni suhu dan kekeruhan dan pada penelitian lain ada parameter lain seperti pH yang dapat mempengaruhi nafsu makan ikan (Hermansyah, 2017).

Atas dasar masalah tersebut dibuatlah sebuah sistem klasifikasi kualitas air khususnya pada kolam lele yang merupakan pengembangan dari sistem yang telah ada. Sistem ini menggunakan parameter yang lebih banyak dari sistem yang sudah ada. Parameter tersebut adalah suhu dengan sensor DS18B20, pH dengan sensor pH, dan kekeruhan dengan sensor kekeruhan. Metode yang akan digunakan adalah metode K-Nearest Neighbor (KNN) dimana metode ini mempunyai efektivitas yang baik serta mudah dalam pengimplementasiannya. Dengan adanya sistem ini diharapkan dapat membantu para peternak lele dalam mengetahui kualitas air kolam lele mereka. Sehingga peternak lele dapat melakukan tindakan yang tepat dalam mengelola usaha ternak lele mereka yang lebih khusus pada pengelolaan air kolam.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Blok Diagram Sistem

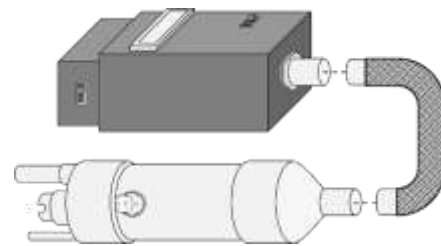


Gambar 1. Blok diagram sistem

Gambar blok sistem di atas menunjukkan cara kerja sistem secara umum. Sistem memiliki *input* berupa lima data. Empat diantaranya merupakan data dari sensor sedangkan satu nya adalah *switch* untuk memindah tampilan pada LCD. *Input* sensor terdiri dari sensor pH untuk membaca nilai pH, sensor turbidity untuk membaca kekeruhan, sensor suhu DS18B20 untuk membaca nilai suhu, dan sensor amonia untuk membaca nilai amonia. Sedangkan untuk *switch* berupa saklar yang memberi nilai *input*-an 0 atau 1.

Pada bagian pemrosesan terdiri dari mikrokontroler dan metode klasifikasi. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino UNO dan metode klasifikasi yang digunakan adalah metode K-Nearest Neighbor (KNN). Metode ini nantinya mengklasifikasikan data dari sensor untuk ditampilkan pada *output* berupa LCD 16x2.

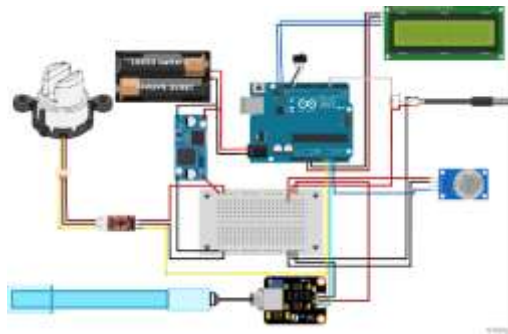
### 2.2. Perancangan Perangkat Keras



Gambar 2. Prototipe Sistem

Sistem dirancang dengan bentuk yang mudah dibawa karena alasan portabilitas. Gambar 2 merupakan wujud prototipe sistem yang dibuat memiliki tiga bagian utama. Pertama bagian inti yang terbuat dari Box berukuran 15x10x5 cm. Pada bagian ini nantinya digunakan untuk menyimpan mikrokontroler dan beberapa modul serta kabel-kabel yang digunakan untuk menghubungkan antar bagian. Pada sisi samping terdapat kotak untuk menyimpan dua buah baterai dengan jenis 16850. Bagian atas kotak terdapat LCD

berukuran 16x2 yang digunakan untuk menampilkan hasil *output* sistem. Bagian kedua merupakan tabung yang berisi *probe* dari keempat sensor. Tabung tersebut selain untuk menyimpan sensor juga melindungi sensor dari cipratan air saat digunakan. Bagian terakhir adalah selang spiral yang fleksibel. Bagian ini berfungsi untuk menghubungkan bagian inti sistem dengan bagian tabung *probe*.



Gambar 3. Prototipe Sistem

Bagian-bagian sistem dihubungkan dengan kabel. Dapat dilihat pada gambar 3, setiap bagian dihubungkan dengan kabel sesuai dengan pin masing-masing. Sensor menggunakan pin analog atau digital sesuai dengan spesifikasinya. Konfigurasi pin sensor dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi Pin

Sensor	Pin
pH	A1
Turbidity	A0
Suhu	D4
Amonia	A2
Switch	D13

### 2.3. Perancangan Data Latih

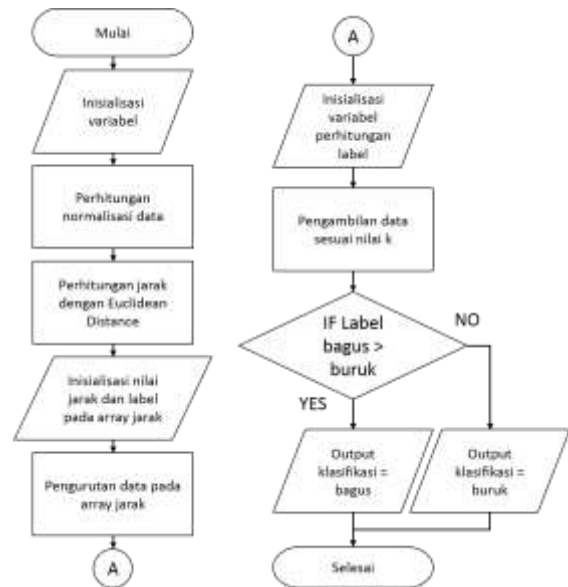
Terdapat data latih yang digunakan oleh metode KNN dalam menentukan hasil klasifikasi. Data latih yang dibuat berjumlah 40 data yang berisi data pembacaan air kolam dari keempat sensor beserta verifikasi bagus atau buruk kualitasnya dari peternak. Data latih dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data latih

pH	Kekeruhan	Suhu	Amonia	Kelas
2,99	7,6	30	5,6	Bagus
2,97	7,4	27	5,1	Bagus
2,99	6,6	23	4,7	Bagus
2,99	7,5	24	5,2	Bagus
3	6,8	30	3,8	Bagus
3,04	6,7	29	4,5	Bagus
3,03	7,7	25	4	Bagus
3,03	7,6	26	5,1	Bagus
3,02	7,6	23	4,2	Bagus
3,03	6,9	22	4,2	Bagus

3,04	6,5	29	4,2	Bagus
3	6,6	24	4,4	Bagus
3,01	7,5	25	3,5	Bagus
2,94	7,3	25	4	Bagus
2,99	6,5	25	4,6	Bagus
3	7,5	29	5,1	Bagus
2,99	7,5	29	4,4	Bagus
3	6,7	30	3,9	Bagus
2,97	6,6	24	4	Bagus
2,99	7,7	25	4,1	Bagus
2,93	8,4	21	7,2	Buruk
3,01	7,2	15	5,4	Buruk
2,94	6,2	37	5,2	Buruk
3,03	8	21	8,2	Buruk
2,97	6,5	15	6,7	Buruk
3,02	6,8	17	5,3	Buruk
2,5	5,6	27	4,4	Buruk
2,66	5,7	35	4,4	Buruk
2,96	7,5	18	7,2	Buruk
2,75	7,2	33	7,2	Buruk
2,47	6,3	31	6,1	Buruk
2,58	6,4	17	5	Buruk
2,88	6,4	35	5	Buruk
2,82	5,9	20	4	Buruk
2,77	6,2	25	5,3	Buruk
2,9	7,9	24	8	Buruk
2,73	8,3	25	7	Buruk
2,84	8	33	7,4	Buruk
2,96	5,9	31	4,3	Buruk
2,52	8,5	27	9	Buruk

### 2.4. Perancangan KNN



Gambar 4. Flowchart KNN

Gambar 4 merupakan gambar *flowchart* yang menunjukkan alur kerja dari metode KNN. Metode tersebut diawali dengan menormalisasi data agar memiliki rentang yang sama. Normalisasi dilakukan dengan membagi nilai data pembacaan dengan nilai pembacaan maksimum. Persamaan (1) adalah sah satu sampel pH yang dinormalisasi.

$$pH = \frac{7,7}{14} = 0,55 \tag{1}$$

Selanjutnya data tersebut dihitung jaraknya dengan data latih menggunakan rumus Euclidean Distance. Persamaan (2) merupakan rumus dari Euclidean Distance.

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2} \tag{2}$$

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + \dots} \tag{3}$$

Persamaan (3) merupakan penjabaran dari persamaan (1).  $X_2$  merupakan data uji sedangkan  $X_1$  merupakan data latih dari sensor atau parameter yang sama. Pada penelitian ini terdapat empat parameter, sehingga perhitungan jarak melibatkan empat huruf sebagai notasinya. Dari perhitungan menggunakan persamaan (3) menghasilkan data jarak yang kemudian diurutkan. Data jarak tersebut diambil sejumlah data sesuai dengan nilai k dari data yang terkecil. Dari kumpulan data yang diambil tersebut dihitung jumlah kelas yang sama. Hasil klasifikasi adalah kelas dengan lebih dominan atau jumlahnya lebih banyak.

Tabel 3. Pengambilan data terurut

Jarak	Kelas
0	Bagus
0,008895575	Bagus
0,03645407	Buruk

Tabel 3 merupakan contoh data yang sudah diambil dengan nilai k=3. Pada kelas data yang dominan adalah kelas “Bagus”. Dengan demikian hasil klasifikasi sesuai tabel tersebut adalah “Bagus”.

### 2.5. Implementasi Perangkat Keras

Berdasarkan rancangan yang sudah dibuat prototipe sistem yang akan dibuat memiliki dua bagian utama sistem dan satu bagian penghubung. Bagian pemrosesan sistem menggunakan kotak proyek yang dijual di marketplace dengan ukuran X6. Bagian LCD ditempatkan pada bagian atas kotak sesuai dengan perancangan. LCD ditempatkan menggunakan housing LCD yang dibuat pada bagian atas kotak agar tidak lepas. Bagian baterai menggunakan kotak plastik berwarna hitam yang dihubungkan pada kotak sistem menggunakan baut. Konfigurasi kabel baterai dilakukan di dalam Box yang dilewatkan melalui lubang yang dibuat dengan alat bor. Sedangkan

untuk bagian probe menggunakan pipa PVC yang disambung dengan reducer pipa untuk memudahkan penyambungan dengan bagian yang lain. Pada ujungnya terdapat tutup pipa yang dilubangi untuk tempat dari probe sensor yang sesungguhnya. Untuk menghubungkan kedua bagian menggunakan selang spiral dengan tambahan valve shock dan reducer pipa untuk ujungnya. Berikut ini adalah gambar prototipe sistem.



Gambar 5. Implementasi perangkat keras

### 2.6. Implementasi Sensor Kekeuhan

Sensor kekeuhan memiliki output berupa nilai voltase. Nilai tersebut didapat dari pengolahan nilai analog. Data analog yang dihasilkan sensor diolah pada mikrokontroler dengan persamaan (4) berikut ini.

$$volt = nilai\ analog \times \left( \frac{1023,0}{5,0} \right) \tag{4}$$

### 2.7. Implementasi Sensor pH

Sensor pH memiliki output akhir berupa nilai pH. Sensor ini memiliki output awal berupa nilai analog. Nilai ini diolah pada mikrokontroler untuk menghasilkan output nilai pH. Proses ini membutuhkan kalibrasi menggunakan larutan buffer yang menghasilkan persamaan (5). Persamaan ini dimasukkan ke dalam program dengan y merupakan hasil akhir pH dan x merupakan nilai analog masukan.

$$y = -22.9277997984542 + (0.0821011084984868 \times x) \tag{5}$$

### 2.8. Implementasi Sensor Suhu

Sensor suhu memiliki output berupa data digital. Pada sensor ini pengolahan datanya menggunakan library. Library yang digunakan bernama DallasTemperature. Library tersebut dipanggil untuk mengolah data digital dari sensor dengan pemanggilan fungsi

sensors.getTempCByIndex(0). Data hasil pengolahan tersebut adalah data suhu pada derajat Celcius.

### 2.9. Implementasi Sensor Amonia

Sensor amonia menghasilkan output berupa data analog. Data tersebut di kalibrasi dahulu sebelum digunakan. Kalibrasi yang dilakukan dengan menggunakan data grafik dari datasheet sensor. Sebelum kalibrasi dilakukan sensor harus disesuaikan spesifikasinya dengan mengganti load-resistor menjadi 20k Ohm. Hal ini dilakukan agar sama dengan spesifikasi pabrikan. Dari datasheet sensor terdapat grafik akurasi sensor yang jika ditarik ke dalam rumus menghasilkan persamaan-persamaan berikut.

$$Rs = \left(\frac{Vc}{VRL} - 1\right) \times RL \tag{6}$$

$$m = \frac{[\log(y2) - \log(y1)]}{[\log(x2) - \log(x1)]} \tag{7}$$

$$\log(y) = m \times \log(x) + b \tag{8}$$

$$b = \log(y) - m \times \log(x)$$

$$ppm = 10^{\frac{\log(ratio)-b}{m}} \tag{9}$$

Perhitungan dengan persamaan-persamaan tersebut menghasilkan beberapa nilai yang tercantum pada tabel 4. Nilai ini nantinya dimasukkan pada persamaan (9) pada kode program.

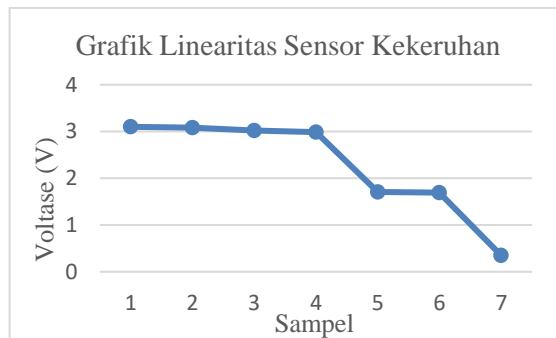
Tabel 4. Nilai-nilai pada sensor amonia

Nama Variabel	Keterangan
RL	20
M	-0.417
B	0.858
RO	123.61

## 3. PENGUJIAN DAN ANALISIS

### 3.1. Pengujian Sensor Kekeuhan

Tujuan dari pengujian sensor kekeuhan adalah untuk mengetahui berfungsi tidaknya sensor tersebut. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data yang diambil pada beberapa kondisi. Hasil pengujian tersebut akan menentukan kinerja sensor.



Gambar 6. Grafik uji sensor kekeuhan

Gambar 6 merupakan grafik pengujian sensor kekeuhan. Grafik tersebut didasarkan pada pengujian linearitas. Pada pengujian didapatkan nilai voltase sensor berbanding lurus dengan tingkat kekeuhan. Nilai voltase tersebut akan semakin turun ketika tingkat kekeuhan semakin tinggi.

### 3.2. Pengujian Sensor pH

Tujuan dari pengujian sensor pH adalah untuk mengetahui tingkat akurasi dari sensor pH. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data yang diambil menggunakan sensor dengan pH meter. Dari pengujian tersebut didapatkan data akurasi sensor dalam bentuk persentase.

Tabel 5. Pengujian sensor pH

Sampel	pH Meter	Sensor pH	Error (%)
1	7,9	8	1,26
2	6,8	6,7	1,47
3	4	3,9	2,5
4	9	8,9	1,11
5	8,9	8,8	1,12
6	8,7	8,5	2,29
7	8,4	8,3	1,19
8	7	7	0
9	5,2	5,1	1,92
10	4,9	4,7	4,08
Rata-rata			1,69

Tabel 5 merupakan data hasil pengujian sensor pH. Pada pengujian tersebut didapatkan rata-rata eror sebesar 1,69% atau dengan kata lain sensor memiliki akurasi sebesar 98,31%.

### 3.3. Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Tujuan dari pengujian sensor suhu DS18B20 adalah untuk mengetahui tingkat akurasi dari sensor suhu DS18B20. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data yang diambil menggunakan sensor dengan termometer air.



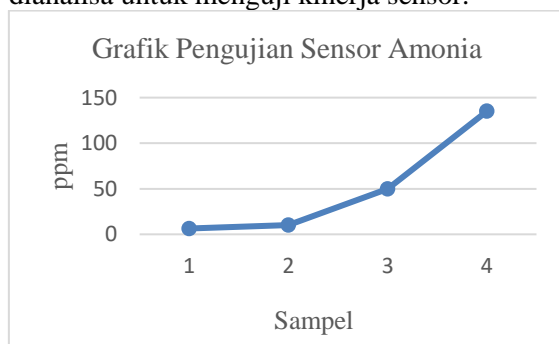
Tabel 6. Pengujian sensor suhu

Sampel	Termometer	Sensor DS18B20	Error
1	23,4	23,1	1,282051
2	44,3	44,6	0,677201
3	19,9	19,7	1,005025
4	37,1	37,1	0
5	33,9	33,5	1,179941
6	35,3	35	0,849858
7	74,2	74,6	0,539084
8	25	24,9	0,4
9	26,2	25,8	1,526718
10	-0,2	-0,1	50
Rata-rata			5,745987779

Tabel 6 merupakan data hasil pengujian sensor pH. Pada pengujian tersebut didapatkan rata-rata error sebesar 5,74% atau dengan kata lain sensor memiliki akurasi sebesar 94,26%.

### 3.4. Pengujian Sensor Amonia

Tujuan dari pengujian sensor MQ-135 adalah untuk mengetahui bekerja tidaknya sensor tersebut. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data yang diambil pada beberapa kondisi. Hasil tersebut kemudian dianalisa untuk menguji kinerja sensor.



Gambar 7. Grafik pengujian sensor amonia

Gambar 7 merupakan grafik hasil pengujian fungsionalitas sensor amonia. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, nilai sensor akan semakin tinggi pada sampel yang memiliki bau gas amonia yang lebih menyengat.

### 3.5. Pengujian Metode KNN

Tujuan dari pengujian metode KNN adalah untuk mengetahui tingkat akurasi dari metode klasifikasi ini. Pengujian dilakukan dengan membandingkan keluaran sistem dengan data sampel. Pengujian menghasilkan persentase dari akurasi sistem yang dibuat.

Tabel 7. Sampel uji KNN

Kekeruhan	Sampel Uji		
	pH	Suhu	Amonia

3,03	7,7	25	4
3,01	6,7	29	5,1
2,79	7,5	26	6,1
2,77	7,6	18	7,1
3,06	7,6	25	8
3,01	6,5	35	5
2,56	6,5	25	4
2,86	6,5	26	4,3
2,9	6,6	37	5,7
2,79	7,7	23	6,8

Tabel 8. Pengujian KNN

K=3	K=5	K=7	Verifikasi
Bagus	Bagus	Bagus	Bagus
Bagus	Bagus	Bagus	Bagus
Bagus	Bagus	Bagus	Bagus
Buruk	Buruk	Buruk	Buruk
Bagus	Bagus	Bagus	Buruk
Buruk	Buruk	Bagus	Buruk
Buruk	Buruk	Buruk	Buruk
Bagus	Bagus	Bagus	Buruk
Buruk	Buruk	Buruk	Buruk
Buruk	Bagus	Bagus	Bagus

Tabel 9. Perhitungan akurasi

Sampel	Akurasi		
	K=3	K=5	K=7
1	Pass	Pass	Pass
2	Pass	Pass	Pass
3	Pass	Pass	Pass
4	Pass	Pass	Pass
5	Not-pass	Not-pass	Not-pass
6	Pass	Pass	Not-pass
7	Pass	Pass	Pass
8	Pass	Pass	Pass
9	Pass	Pass	Pass
10	Not-pass	Pass	Pass
Akurasi	80%	90%	80%

Berdasarkan pengujian dan analisa yang dilakukan maka dihasilkan kesimpulan dari pengujian. Kesimpulan yang dihasilkan berupa klasifikasi KNN dapat bekerja dengan semestinya. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel 9 yakni tingkat akurasi sistem sebesar 90% pada nilai k = 5 dan 80% pada nilai k = 3 dan k = 7.

## 4. PENUTUP

Berdasarkan serangkaian proses yang dilakukan pada penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan. Kesimpulan ini juga merupakan ringkasan atas beberapa pengujian yang dilakukan. Beberapa kesimpulan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Pengujian fungsionalitas dari sensor kekeruhan dan amonia menunjukkan bahwa kedua sensor tersebut dapat bekerja dengan semestinya. Sensor kekeruhan dapat membaca nilai kekeruhan dari data sampel

dengan pembacaan tegangan bernilai besar pada air yang bening dan nilainya akan turun pada air yang keruh. Selanjutnya sensor amonia dapat membaca nilai gas amonia pada beberapa data sampel dengan nilai yang semakin besar ketika bau dari amonia semakin menyengat.

2. Sensor pH dan suhu menunjukkan kinerja yang dapat diandalkan. Pada pengujian sensor ini memiliki eror sebesar 1,69% atau dengan kata lain sensor ini memiliki akurasi sebesar 98,31%. Sementara sensor suhu memiliki eror sebesar 5,74% atau akurasi sebesar 94,26%.
3. Metode klasifikasi yang digunakan adalah K-Nearest Neighbor (KNN) dengan menggunakan data latih berjumlah 40 dan dua kelas. Pada pengujian yang dilakukan metode ini memiliki performa yang cukup baik yakni dengan akurasi klasifikasi sebesar 90%.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Cholilulloh, M., Syauqi, D., Tibyani. 2018. *Implementasi Metode Fuzzy Pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Suhu dan Kekeruhan*. S1. Universitas Brawijaya.
- Rohadi, M., Widya Adhitama, D., Ekojono, Andrie Asmara, R., Ariyanto, R., Siradjuddin, I., Ronilaya, F., Setiawan, A. 2018. *Sistem Monitoring Budidaya Ikan Lele Berbasis Internet Of Things Menggunakan Raspberry Pi*. S1. Politeknik Negeri Malang.
- Hermansyah, 2018. *Rancang Bangun Pengendali Ph Air Untuk Pembudidayaan Ikan Lele Berbasis Mikrokontroler Atmega16*. S1. Universitas Tanjungpura.
- N. M. S. Iswari, Wella, Ranny, "Fish freshness classification method based on fish image using k-Nearest Neighbor" 2017 4th International Conference on New Media Studies (CONMEDIA), 2017, pp. 87-91, doi: 10.1109/CONMEDIA.2017.8266036.
- Bregnballe, J., 2015. *A Guide to Recirculation Aquaculture*. [e-book]. FAO and EUROFISH. Tersedia melalui: The Food and Agriculture Organization (FAO <<http://fao.org>> [Diakses 19 Juli 2023]
- Fatahillah Murad, R., Almasir, G., Ronald Harahap, C. 2022. *Pendeteksi Gas Amonia Untuk Pembesaran Anak Ayam Pada Box Kandang Menggunakan MQ-135*. S1. Universitas Teknokrat Indonesia.