

## Penerapan *K-Means Clustering* pada Sistem Deteksi Anomali Kualitas Air Kolam Ikan Lele Berbasis *IoT* pada Platform *Mobile Apps*

Yudhatama Gusdi Rahmatullah<sup>1</sup>, Faisal Reza Pradhana<sup>2</sup>, Aziz Musthafa<sup>3</sup>, Miftahuddin Fahmi<sup>4</sup>, Nur Havid Yulianto<sup>5</sup>, Oddy Virgantara Putra<sup>6</sup>, Ummi Isnatin<sup>7</sup>, M. Nur Aqil Bahri<sup>8</sup>, M. Abdul Latief<sup>9</sup>, Ahmad Abu Hanifah<sup>10</sup>, Dimas Teguh Ramadhani<sup>11</sup>, Kusuma Dewa Yudhistira<sup>12</sup>, Alisha Nathania Septianty<sup>13</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13</sup>Teknik Informatika, Universitas Darussalam Gontor. 085796740896  
e-mail: tama@unida.gontor.ac.id<sup>1</sup>, faisal@unida.gontor.ac.id<sup>2</sup>, aziz@unida.gontor.ac.id<sup>3</sup>, fahmi@unida.gontor.ac.id<sup>4</sup>, havid@unida.gontor.ac.id<sup>5</sup>, oddy@unida.gontor.ac.id<sup>6</sup>, ummi@unida.gontor.ac.id<sup>7</sup>, 21102144@ittelkom-pwt.ac.id<sup>8</sup>, 21110002@ittelkom-pwt.ac.id<sup>9</sup>, ahmad.hanifah@mhs.unsoed.ac.id<sup>10</sup>, 21102145@ittelkom-pwt.ac.id<sup>11</sup>, dewa361@gmail.com<sup>12</sup>, alishaseptianty@swu.ac.id<sup>13</sup>

### ABSTRAK

#### **Kata Kunci:**

Budidaya Lele  
*AIoT*  
*K-Means Clustering*  
*Real Time*  
Aplikasi *Mobile* *Catfish*  
*Farming*  
*AIoT*  
*K-Means Clustering*  
*Real Time*  
*Mobile Application*

Sebagai salah satu komoditas perikanan yang memiliki potensi besar, budidaya lele sangat bergantung pada kualitas air yang terjaga. Perubahan parameter kualitas air seperti *pH*, suhu, dan kadar amonia dapat menyebabkan stres, penyakit, bahkan kematian massal pada ikan lele, yang berdampak signifikan terhadap keberhasilan budidaya. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring kualitas air kolam lele secara *real-time* berbasis *Artificial Intelligence and Internet of Things (AIoT)*. Sistem ini membantu pembudidaya lele dalam pengelolaan kualitas air dengan tepat. Data dari sensor *IoT* diolah menggunakan algoritma *K-Means* yang mengklasifikasikan kondisi air menjadi dua kategori: normal dan abnormal. Hasil klasifikasi ditampilkan pada aplikasi *mobile* yang *user-friendly* sehingga pembudidaya dapat memantau kondisi kolam kapan saja dan di mana saja. Uji coba pada kolam lele menunjukkan algoritma *K-Means* memiliki akurasi 82% dalam mengelompokkan kondisi air. Sistem ini meningkatkan keberlanjutan usaha budidaya, efisiensi produksi, dan mengurangi risiko kerugian akibat kematian massal ikan lele.

### ABSTRACT

#### **Keyword:**

*Catfish Farming*  
*AIoT*  
*K-Means Clustering*  
*Real Time*  
*Mobile Application*

As one of the fishing commodities that has great potential, lele cultivation is heavily dependent on the quality of the air. Changes in air quality parameters such as *pH*, temperature, and ammonia levels can lead to stress, disease, and even mass death in lilies, which has a significant impact on the success of breeding. The research aims to develop a *real-time* air quality monitoring system based on artificial intelligence and the Internet of Things. (*AIoT*). This system helps the lele cultivators manage air quality properly. Data from the *IoT* sensor is processed using the *K-Means* algorithm, which classifies the weather conditions into two categories: normal and abnormal. The classification results are displayed on a *user-friendly* mobile application so that farmers can monitor the pool condition anytime and anywhere. Tests on a pool of lilies showed the *K-Means* algorithm has an 82% accuracy in grouping weather conditions. This system improves the sustainability of farming, the efficiency of production, and the risk of loss due to the death of bullfish.

## I. PENDAHULUAN

Ikan lele merupakan salah satu komoditas perikanan unggulan di Indonesia dengan nilai ekonomi tinggi [1]. Hal ini dibuktikan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia yang mencatat produksi lele mencapai 1,12 juta ton pada tahun 2022 [1], menempatkan lele sebagai salah satu komoditas perikanan budidaya terbanyak di Indonesia. Namun, budidaya ikan lele seringkali dihadapkan pada berbagai kendala, salah satunya adalah masalah kualitas air kolam [2]. Kualitas air yang buruk dapat menyebabkan berbagai dampak negatif pada kesehatan ikan lele [3]. Salah satu dampak negatifnya adalah menjadi media yang ideal bagi pertumbuhan bakteri dan parasit yang dapat menyebabkan penyakit pada lele [4]. Contoh penyakit yang sering menyerang lele di kolam dengan kualitas air buruk adalah penyakit *columnaris* [5], yang dapat menyebabkan kematian massal dan kerugian besar bagi peternak [4]. Selain itu, kualitas air yang buruk juga dapat menyebabkan kematian lele secara langsung, yang dapat terjadi karena kekurangan oksigen, keracunan amonia, atau stres akibat parameter air yang tidak ideal. Dampak lainnya adalah pertumbuhan yang terhambat, karena lele yang stres dan tidak sehat tidak memiliki energi yang cukup untuk tumbuh [6].

Untuk menjaga kesehatan lele dan meminimalkan kerugian akibat kualitas air yang buruk, penting bagi peternak untuk memahami parameter kualitas air yang baik dan buruk [7]. Agar lele tumbuh optimal, beberapa parameter air perlu dijaga. Pertama, pH air idealnya antara 6,5 dan 8,5. Di luar rentang ini, lele akan stres dan rentan penyakit. Kedua, suhu ideal untuk lele adalah 26-29°C. Suhu di bawah atau di atas rentang ini menghambat pertumbuhan dan metabolisme lele. Ketiga, amonia beracun bagi lele. Kadar idealnya kurang dari 0,5 mg/L. Amonia tinggi (> 0,5 mg/L) dapat merusak insang lele [8]. Oleh karena itu, penting bagi pembudidaya lele untuk menjaga kualitas air kolam mereka dengan baik. Hal ini tidak hanya bermanfaat bagi kelangsungan hidup ikan lele, tetapi juga untuk menjaga kelestarian alam dan keseimbangan ekosistem.

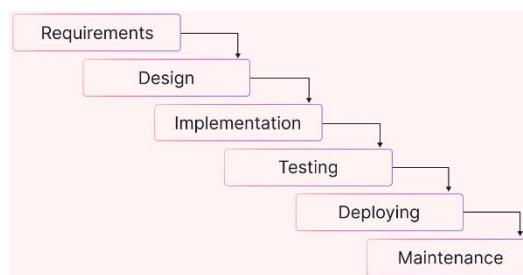
Pemantauan kualitas air kolam secara berkala sangat penting untuk mencegah masalah tersebut. Berdasarkan wawancara dengan pakar budidaya lele di Pondok Pesantren Al-Amin Ponorogo, cara tradisional untuk memantau kualitas air kolam biasanya dilakukan secara manual dengan pengujian sampel air di laboratorium [9]. Meskipun pengujian sampel air di laboratorium memberikan informasi akurat mengenai kualitas air, terdapat beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan. Proses ini memakan waktu berhari-hari untuk mendapatkan hasil, padahal kualitas air kolam bisa berubah dengan cepat. Selain itu, biaya pengujian di laboratorium juga tergolong tinggi, sehingga dapat menambah beban biaya budidaya lele. Terakhir, pengujian di laboratorium membutuhkan banyak tenaga kerja, yang mungkin menjadi kendala bagi pembudidaya lele skala kecil. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan keterbatasan ini saat memilih metode pengujian kualitas air untuk optimalisasi budidaya lele.

*Internet of Things (IoT)* adalah jaringan perangkat yang terhubung ke internet dan dapat berkomunikasi dan bertukar data satu sama lain [10]. Perangkat *IoT* dapat berupa sensor, aktuator, atau komputer kecil yang tertanam di berbagai objek, seperti mobil, peralatan rumah tangga, dan mesin industri. Teknologi *IoT* memiliki banyak manfaat dalam berbagai bidang, termasuk pemantauan kualitas air kolam. Sensor *IoT* dapat digunakan untuk mengukur berbagai parameter kualitas air, seperti suhu, pH, dan amonia. Data dari sensor tersebut kemudian dapat ditransmisikan secara real-time ke platform cloud untuk diolah dan dianalisis.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi anomali pada kualitas air kolam adalah algoritma *K-means clustering* [11]. Algoritma ini bekerja dengan cara mengelompokkan data kualitas air berdasarkan kesamaan karakteristik dan mendeteksi data yang tidak sesuai dengan pola-pola yang terbentuk. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan algoritma *K-means clustering* pada sistem deteksi anomali kualitas air kolam ikan lele berbasis *IoT* pada platform *mobile apps Android*[12]. Sistem ini diharapkan dapat membantu pembudidaya ikan lele untuk memantau kualitas air kolam secara *real-time*, serta mendeteksi adanya anomali pada kualitas air kolam dengan lebih mudah dan cepat.

## II. METODE

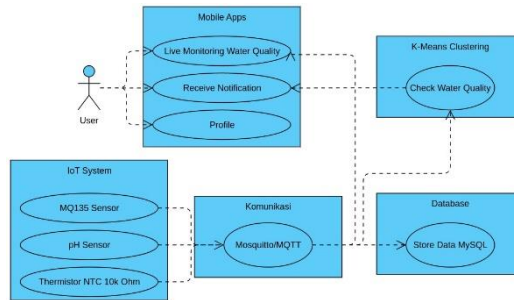
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen. Metodologi waterfall dipilih sebagai kerangka kerja dalam pengembangan sistem pemantauan kualitas air kolam ikan berbasis *IoT*. Metode *waterfall* memiliki karakteristik linier dan berurutan, di mana setiap tahap harus diselesaikan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.



**Gambar 1.** Siklus Metode Tahapan Penelitian Waterfall

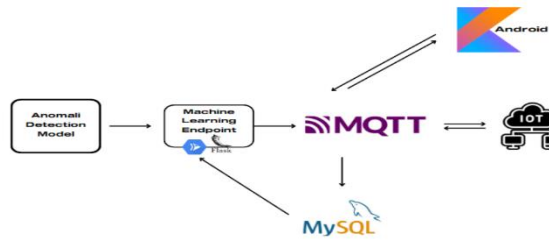
Gambar 1 menggambarkan alur umum metode *waterfall* yang terdiri dari enam tahap utama: *Requirements*, *Design*, *Implementation*, *Testing*, *Deploying*, dan *Maintenance*. Berdasarkan gambar diatas tahapan metode *waterfall* yang diterapkan dalam penelitian ini adalah: (1) *Requirements*: Melalui survei, observasi, dan wawancara dengan pembudidaya ikan [9], diidentifikasi kebutuhan

akan sistem pemantauan kualitas air kolam ikan secara *real-time*. Kebutuhan ini meliputi pengukuran parameter seperti suhu, pH, dan kadar amonia, serta notifikasi dini jika terjadi anomali.



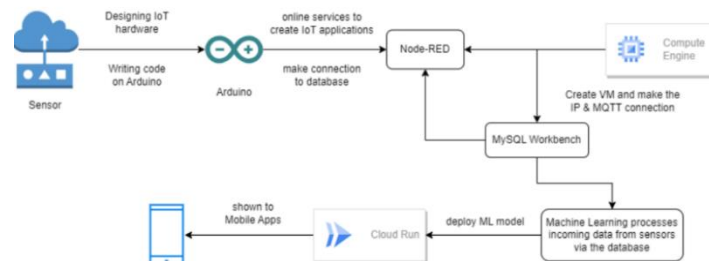
**Gambar 2.** Gambar Usecase Activity Diagram

Gambar 2 menunjukkan bagaimana pengguna berinteraksi dengan system untuk memantau kualitas air secara *real-time*, mengatur ambang batas parameter, dan menerima notifikasi. (2) *Design*: Dirancang arsitektur sistem yang menggabungkan perangkat *IoT* untuk pengumpulan data, algoritma pembelajaran mesin (K-means clustering) untuk analisis data, dan aplikasi mobile untuk tampilan hasil.



**Gambar 3.** Gambar Arsitektur Sistem

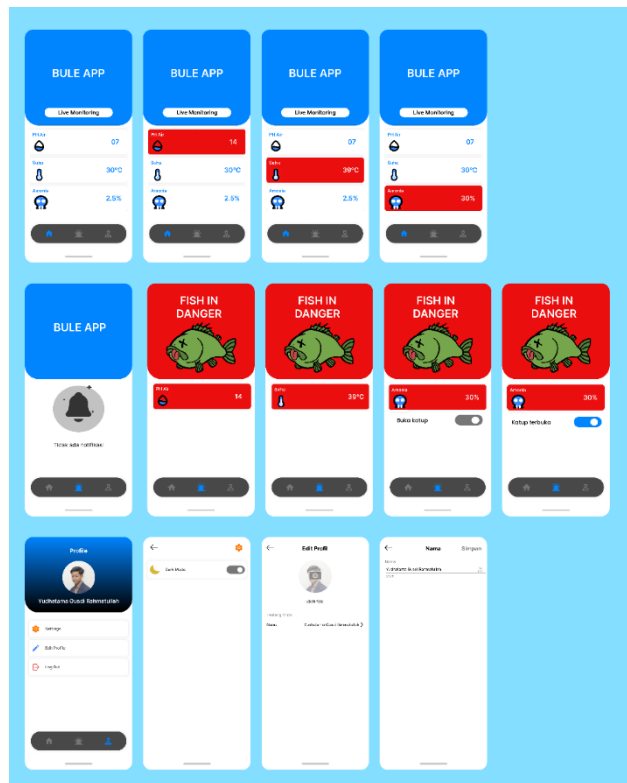
Gambar 3 menunjukkan arsitektur sistem secara keseluruhan. Sensor *IoT* mengumpulkan data kualitas air, kemudian data dikirim ke server untuk diproses menggunakan algoritma *K-means clustering*. Hasil analisis kemudian ditampilkan pada aplikasi *mobile*.



**Gambar 4.** Diagram Workflow

Gambar 4 menggambarkan aliran data mulai dari sensor hingga ke aplikasi pengguna. (3) *Implementation*: Dilakukan pengembangan perangkat lunak menggunakan *Flask* dan *MySQL*, serta

integrasi dengan perangkat keras *IoT*. Aplikasi mobile dikembangkan untuk menampilkan data kualitas air secara real-time dan memberikan notifikasi.



**Gambar 5.** Design Antarmuka Pengguna Aplikasi *Mobile*

Gambar 5 menunjukkan contoh tampilan antarmuka pengguna aplikasi mobile. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk memantau kualitas air secara real-time dan menerima notifikasi. (4) *Testing*: Sistem diuji pada kolam ikan nyata untuk memvalidasi kinerja sistem dalam mendeteksi anomali pada berbagai kondisi. (5) *Deploying*: Sistem yang telah teruji diimplementasikan pada lokasi penelitian, meliputi pemasangan perangkat keras, konfigurasi sistem, dan pelatihan pengguna. (6) *Maintenance*: Dilakukan pemeliharaan sistem secara berkala, termasuk pemantauan kinerja, pembaruan perangkat lunak, dan perbaikan bug, serta penyediaan dukungan teknis kepada pengguna.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penilaian yang dilakukan oleh Wahid Alfaridsi Achmad Zein S. Kom. dan Mochammad Nasheh Annafii S. Kom. menunjukkan bahwa antarmuka pengguna aplikasi ini telah dirancang dengan baik, berdasarkan hasil tabel penilaian kuisioner dari 2 pakar media sebagai berikut.

**Tabel 1.** Penilaian Uji Media UI

No	Unsur	Pakar 1	Pakar 2
1	Kesan pertama tentang UI aplikasi	5	5

2	Aplikasi tidak menimbulkan ambiguitas	4	2
3	Nilai daya tarik estetika aplikasi secara keseluruhan	5	4
4	Kemudahan dalam menavigasi melalui aplikasi	5	5
5	Penilaian fitur dan konten aplikasi	4	4
6	Penilaian skema warna dan tipografi aplikasi	4	5
7	Penilaian ikon dan grafis aplikasi	5	4
8	Ketertarikan dalam fitur mode gelap aplikasi	4	3
9	Penilaian implementasi mode gelap dalam aplikasi	4	3

Dari jawaban yang diberikan oleh ahli materi pada Tabel 1 dilakukan penilaian rata-rata sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Nilai rata-rata pakar 1} &= \frac{40}{9} = 4.44 \\ \text{Nilai rata-rata pakar 2} &= \frac{35}{9} = 3.88 \\ \text{Nilai rata-rata gabungan} &= \frac{(4.44 + 3.88)}{2} = 4.16 \end{aligned}$$

Sedangkan, untuk nilai persentase dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Persentase uji ahli media UI} = \left( \frac{4.16}{5} \right) * 100\% = 83.2\%$$

Dengan hasil tersebut maka didapatkan persentase dari uji media UI sebesar 83.2% dengan kategori rata-rata sangat puas [13]. Namun, para pakar menyarankan agar perbaiki tampilan di mode gelap dan agar menggunakan color palette untuk mengharmonisasikan warna.

Sementara itu, hasil penilaian kinerja sistem alat yang dilakukan oleh Dr. Parwi S.P., M.P. dan Umi Isnatin, S.P., M.P. menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengukur parameter kualitas air dengan akurasi yang cukup baik, terutama untuk parameter suhu air, pH air, dan gas ammonia. Berikut ini hasil penilaian dari ahli pakar terkait penilaian kinerja system alat:

**Tabel 2.** Penilaian Kinerja Sistem Alat

No	Unsur	Pakar 1	Pakar 2
1	Tingkat akurasi alat serta korelasi IoT dan Alat	Baik	Baik
2	Kemudahan aplikasi digunakan	Sangat Baik	Sangat Baik
3	Membandingkan hasil prediksi antara ahli dengan system	Sangat Baik	Sangat Baik

Penilaian tersebut diambil dari hasil pengujian kalibrasi kalibrasi sensor sebagai berikut:

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Kalibrasi Alat dengan Sensor *IoT*

Air	Parameter	Alat	System IoT
1	Suhu	29.1 *C	28.37 *C
	Ammonia	0.09 mg/L	0.09 mg/L

	pH	7.61 pH	7.33 pH
2	Suhu	29.1 *C	28.28 *C
	Ammonia	0.09 mg/L	0.09 mg/L
	pH	7.61 pH	7.34 pH
3	Suhu	29.0 *C	28.45 *C
	Ammonia	0.09 mg/L	0.09 mg/L
	pH	7.61 pH	7.33 pH

Hasil penilaian pakar dan data kalibrasi yang disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa sistem alat ini mampu mengukur parameter kualitas air dengan tingkat akurasi yang sangat baik, sebanding dengan standar industri. Korelasi yang kuat antara data yang diperoleh dari sistem *IoT* dengan alat ukur standar, terutama untuk parameter suhu dan pH, mengindikasikan keandalan sistem dalam memberikan hasil pengukuran yang real-time. Misalnya, selisih rata-rata nilai pH hanya sebesar 0,04. Hasil ini membuka potensi pemanfaatan sistem ini untuk berbagai aplikasi monitoring kualitas air. Namun, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam kondisi lingkungan yang lebih beragam dan untuk parameter kualitas air lainnya, seperti kandungan logam berat. Selain itu, pengembangan algoritma pemrosesan data yang lebih canggih dapat meningkatkan akurasi dan kecepatan analisis data.

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan sistem pemantauan kualitas air kolam ikan lele berbasis *IoT* yang memanfaatkan algoritma *K-Means* untuk mendeteksi kondisi air yang abnormal. Model *K-Means* dilatih menggunakan fitur suhu, pH, dan amonia, dengan akurasi sebesar 100%. Untuk mengevaluasi kualitas clustering yang dihasilkan, kami menghitung nilai Silhouette Score. Nilai *Silhouette Score* berkisar antara -1 hingga 1, dengan nilai yang mendekati 1 menunjukkan bahwa sampel jauh dari sampel pada cluster lain dan sangat mirip dengan sampel di dalam clusternya. Sebaliknya, nilai yang mendekati -1 menunjukkan bahwa sampel mungkin ditempatkan pada cluster yang salah. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai *Silhouette Score* yang diperoleh adalah 1.0.

```
[44]: # Impor silhouette_score dari sklearn.metrics
      from sklearn.metrics import silhouette_score

      # Menghitung nilai silhouette score
      print(silhouette_score(df[df.columns[3:6]], cls.labels_))

1.0
```

+ Code + Markdown

**Gambar 6.** Hasil Perhitungan Nilai Silhouette Score

Gambar 6 ini mengindikasikan bahwa nilai *clustering* yang dilakukan oleh algoritma *K-Means* pada dataset kami menghasilkan kelompok-kelompok yang sangat baik dan terpisah dengan jelas. Sistem ini mampu menghasilkan aturan-aturan yang dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi air yang tidak normal secara otomatis. Dengan demikian, sistem ini dapat memberikan peringatan dini kepada pembudidaya sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan secara cepat. Penelitian

selanjutnya dapat fokus pada perluasan fitur, peningkatan akurasi model, dan integrasi dengan sistem pengendali otomatis untuk mencapai sistem yang lebih komprehensif dan efisien.

#### IV. SIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil menggabungkan teknologi *Internet of Things (IoT)* dan kecerdasan buatan dengan model *K-Means Clustering* untuk menciptakan sistem pemantauan kualitas air yang efektif. Sistem ini mampu mendeteksi perubahan kualitas air secara cepat dan akurat, sehingga dapat membantu pembudidaya dalam menjaga kualitas air kolam tetap optimal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi *IoT* dan kecerdasan buatan memiliki potensi besar untuk diaplikasikan dalam bidang akuakultur. Untuk pengembangan selanjutnya, sistem ini dapat diintegrasikan dengan sistem pengendali otomatis untuk melakukan tindakan korektif secara real-time, seperti penyesuaian aerasi atau pemberian probiotik.

#### DAFTAR RUJUKAN

- [1] Badan Pusat Statistik (BPS - Statistics Indonesia), "Produksi Perikanan Budidaya Menurut Komoditas Utama (Ton), 2019-2020." [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTUxMyMy/produksi-perikanan-budidaya-menurut-komoditas-utama.html>
- [2] Djpb KKP, "Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia," KKP Ri. [Online]. Available: <https://kkp.go.id/>
- [3] E. Toro, D. Hartono, M. Anggraini, dan F. Utami, "Kajian Kualitas Air Terhadap Pertumbuhan Ikan Sidat Pada Kolam Air Mengalir Study of Water Quality on the Growth of Tropical Anguillid Eels in Running Water," vol. 3, no. 1, pp. 50–55, 2024.
- [4] J. M. Tamba, H. Syawal, dan I. Lukistyowati, "Identifikasi Bakteri Patogen pada Ikan Jambal Siam ( *Pangasionodon hypophthalmus* ) yang Dipelihara di Kolam Budidaya," vol. 26, no. 1, pp. 40–46, 2021.
- [5] P. Studi, T. Informatika, F. Teknik, dan U. P. Batam, "Penerapan Sistem Pakar Berbasis Web," 2022.
- [6] S. Akuaponik, "Doi: Naskah diterima: 28 Februari 2023 Journal of Science and Technology Naskah disetujui: 28 Agustus 2023," 2023.
- [7] M. Rahman, S. Asmawi, Z. Yasmi, dan A. Rahman, "Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat," vol. 2, no. Desember, pp. 113–118, 2021.
- [8] S. R. Hasibuan, S. Syafriadiman, dan M. N. Syahputra, "The Effect of Zeolite Toward Ammonia (NH<sub>3</sub>) in Tilapia Rearing Media with Recirculation System," *J. Perikan. Univ. Gadjah Mada*, vol. 23, no. 1, p. 55, 2021, doi: 10.22146/jfs.64741.



- [9] M. P. Dr. Parwi, S.P., “Bukti Rekaman Wawancara Pakar Budidaya Ikan Lele.” [Online]. Available:  
<https://drive.google.com/file/d/1wAvRDRGF1YtHntgCq2Udc0drKkDPdeWX/view>
- [10] Wikipedia, “Pengertian IoT.” [Online]. Available:  
[https://simple.wikipedia.org/wiki/Internet\\_of\\_things](https://simple.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things)
- [11] Nurmahaludin dan G. R. Cahyono, “Klasifikasi Kualitas Air PDAM Menggunakan Algoritma KNN Dan K-Means,” *Pros. SNRT*, vol. 5662, no. November, pp. 1–7, 2019.
- [12] Y. Ma, M. Richards, M. Ghanem, Y. Guo, dan J. Hassard, “Air pollution monitoring and mining based on sensor Grid in London,” *Sensors*, vol. 8, no. 6, pp. 3601–3623, 2008, doi: 10.3390/s8063601.
- [13] R. Linda, M. P. T. Rahmi Oktarina, P. D. Dra. Rahmiati, and M. P. Indra Saputra, A.Md.T., S.Pd., *BUKU AJAR STATISTIKA*. 2023.