

SISTEM MONITORING KUALITAS AIR AKUARIUM MENGGUNAKAN METODE *LEARNING VECTOR QUANTIZATION*

Dwi Ahmad Dzulhijjah, Suryo Adi Wibowo, Hani Zulfia Zahro', Lukas Joyo Sentoso
Program Studi Teknik Informatika S1, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Raya Karanglo km 2 Malang, Indonesia
Email_1818101@scholar.itn.ac.id

ABSTRAK

Hobi akuarium merupakan hobi populer yang dapat didukung dengan penggunaan teknologi. Penggunaan teknologi kecerdasan buatan dan *internet of things* dapat mempermudah aktivitas sehari-hari untuk memantau atau *memonitoring* alat atau lingkungan, salah satu lingkungan yang dapat dipantau dengan teknologi *internet of things* adalah kualitas air akuarium. Kualitas air akuarium dapat dipantau melalui parameter pH, temperatur, TDS, dan turbidity.

Klasifikasi manual dapat dilakukan dengan mengikuti standar Indeks Pencemaran (IP), Water Quality Index (WQI) dan STORET namun memerlukan waktu dan biaya yang tinggi. Klasifikasi manual atau inferensi akan tidak efisien ketika data yang ditambahkan menggunakan parameter yang beragam. Klasifikasi manual dapat digantikan dengan metode klasifikasi otomatis atau menggunakan *neural network* seperti *Learning Vector Quantization* (LVQ).

Berdasarkan hasil penelitian *hardware* sudah berhasil mengakuisisi data kemudian menyimpan ke *database* dan ditampilkan di *website* berikut hasil klasifikasinya. Sistem *monitoring* melalui pengujian *hardware* sudah berhasil mengirimkan data antar perangkat dan komunikasi ke *website* melalui API kemudian uji sensor dilakukan dengan melihat rata-rata *error* pada pembacaan yang kurang dari 5%. Melalui pengujian blackbox, responsivitas, dan uji penggunaan aplikasi ini sudah memenuhi standar ekspektasi penelitian berikut uji notifikasi dengan hasil pengiriman notifikasi dari *website* yang dapat digunakan secara fungsional. Penerapan *Learning Vector Quantization* mampu menghasilkan klasifikasi dengan akurasi sebesar 94%.

Kata kunci : *Klasifikasi, LVQ, API, Kualitas Air, Akuarium, Monitoring*

1. PENDAHULUAN

Pada saat pandemi banyak sekali aktivitas manusia yang semakin berkembang. Aktivitas seperti hobi akuarium merupakan aktivitas yang muncul selama pandemi. Peminatnya kian tumbuh dari waktu ke waktu karena hobi ini mendukung aktivitas di dalam ruangan. Selain hobi, pada saat pandemi teknologi mendukung manusia dalam beraktivitas sehari-hari. Teknologi yang cocok untuk aktivitas sehari-hari mulai dari teknologi kecerdasan, *cloud computing*, *blockchain* buatan hingga teknologi *internet of things*. [1]

Penggunaan teknologi memberikan manfaat bagi manusia. Spesifik penggunaan teknologi dalam hobi memberikan peluang seseorang dalam menikmati hobi yang dilakukan. Penggunaan teknologi seperti kecerdasan buatan dan teknologi mendukung hobi akuarium. Penggunaan kecerdasan buatan dapat memberikan nilai atau prediksi yang mampu mendukung keputusan dan *awareness* dari penggunaannya, sementara teknologi *internet of things* memberikan kemudahan penggunaannya untuk memantau atau melakukan aksi secara *remote* menggunakan internet yang *real time*. [2]

Kualitas air merupakan indikator penting dalam lingkungan akuarium. Kualitas air yang ideal memberikan peluang *survival fit* pada organisme yang menempati habitat akuarium. Dengan kualitas air yang bagus maka peluang hidup dan perkembangan biota air semakin terjamin. [3]

Berdasarkan hal tersebut maka perlu adanya sistem *monitoring* kualitas air akuarium yang dapat mengklasifikasikan kualitas air akuarium secara otomatis. Oleh karena itu penelitian ini akan membuat alat yang dapat memantau kondisi air secara *realtime* dan otomatis berikut melaporkan kualitas air yang ada. Alat yang digunakan nantinya adalah perangkat mikrokontroler yang dapat mengirimkan data akuisisi sensor ke *website*. Berikutnya penelitian akan melakukan pembuatan *website* yang bisa melakukan klasifikasi menggunakan metode *Learning Vector Quantization* dan dapat menampilkan hasil *monitoring* di *website* serta memberikan notifikasi ke media *chat* seperti Telegram.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian yang dilakukan oleh Finanda dkk (2020) dengan judul "Penerapan *Iot* Pada *Monitoring* Budidaya Udang Hias Dalam Akuarium Berbasis Arduino" memaparkan bahwa penggunaan *IoT* pada lingkungan *aquascape* terutama udang hias memberikan manfaat dalam pengambilan keputusan terkait pemberian pakan ikan dengan kualitas air yang tersedia. [4]

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muttaqin, Helmi Zainul (2022) yang berjudul "Penerapan *Internet Of Things (Iot)* Untuk *Monitoring* Dan *Controlling* Ph Air temperatur Air Dan Pemberian Pakan Ikan Guppy Pada akuarium

Menggunakan Aplikasi Whatsapp” memaparkan bahwa penggunaan alat *monitoring* dengan teknologi IoT memberikan manfaat dalam *memonitoring* dan mengkontrol keasamaan, temperatur dan *feeding* secara otomatis. [3]

Pada penelitian yang dengan judul “*Artificial Neural Network Learning Vector Quantization 2 Untuk Klasifikasi Tingkat Kualitas Air (Studi Kasus Pt. Mitra Bening Malyno)*” memaparkan bahwa penggunaan kecerdasan buatan dengan algoritma LVQ pada sistem klasifikasi tingkat kualitas air dapat melakukan proses *learning* dan *testing* serta dapat menghasilkan *output* berupa tingkat kualitas air dengan akurasi sebesar 81,13%. [5]

Pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan mampu menghasilkan klasifikasi yang lebih cepat dan efisien dibandingkan dengan pengklasifikasian secara manual seperti dengan Water Quality Index (WQI), Indeks Pencemaran (IP), dan STORET. Dengan adanya LVQ maka beragam parameter pun dapat ditambahkan dengan kelas kualitas yang berbeda-beda sehingga dapat digunakan untuk pakar dan perbedaan subjektifitas dalam klasifikasi. [5]

2.1. Akurarium

Akuarium merupakan tempat atau wadah untuk ikan hias baik air tawar, air payau maupun air laut. Akuarium juga dapat dikatakan sebagai lingkungan ekologi mini yang menjadi habitat atau tempat biota perairan yang mudah dan praktis. Akuarium umumnya terbuat dari kaca dan akrilik, sehingga biota seperti ikan hias dan tanaman yang diletakan di dalamnya bisa dengan jelas dilihat aktivitas kehidupannya. Dalam akuarium juga terdapat unsur biotik ataupun abiotik lainnya seperti ikan, bebatuan, pasir serta tanaman air. [3]

2.2. Sistem Monitoring

Sistem *monitoring* merupakan sistem umpan balik informasi secara sistematis dengan memperoleh data akuisisi seperti data dari sensor untuk memenuhi ketetapan dari tujuan atau standar *monitoring*. Kegunaan dari sistem *monitoring* yaitu untuk mengetahui perubahan data dan keadaan atau kondisi parameter *monitoring* dari akuisisi data lingkungan. Pada penelitian ini sistem *monitoring* akan digunakan untuk memantau kualitas air akuarium dengan luaran data akuisisi parameter kualitas air dan informasi standar hasil klasifikasi. Sistem monitoring penelitian ini tidak terlepas dari teknologi *Internet of Things (IoT)* sebagai teknologi akuisisi jarak jauh atau *telemetering*. [6]

2.3. Kualitas Air

Kelas klasifikasi kualitas air merupakan subjektif atau standar dari hasil penelitian guna keperluan tertentu atau keperluan praktis seperti untuk kualitas air untuk kehidupan biota akuarium, klasifikasi dapat dilakukan secara manual dengan mengikuti beberapa indeks seperti US-EPA, Water Quality Index (WQI), Indeks Pencemaran (IP), dan STORET. [5]

Kualitas air pada akuarium dapat dipengaruhi oleh kuantitas pencemaran. Jika tingkat pencemaran tinggi maka semakin rendah kualitas air tersebut dan tidak bisa dijadikan air untuk kehidupan lingkungan akuarium. Terdapat kelas air melalui perhitungan laboratorium dengan standar US-EPA (United States Environmental Protection Agency) sehingga jika diklasifikasikan lebih lanjut terdapat empat kelas, yaitu kelas baik sekali yang memenuhi baku mutu kelas satu, kelas baik dengan kondisi tercemar ringan, kelas sedang dengan kondisi tercemar sedang, kelas buruk dengan kondisi tercemar berat. [7]

Parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran air adalah parameter fisika, kimiorganik dan kimia anorganik air. Parameter yang digunakan adalah TSS (Total Suspended Solid), COD (Chemical Oxygen Demand), DO (Dissolved Oxygen), BOD (Biochemical Oxygen Demand), fenol, Derajat keasaman pH (potential of hydrogen), minyak dan lemak. [7]

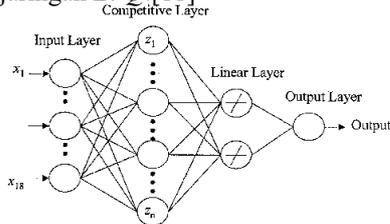
2.4. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep telemetering daring yakni objek memiliki kemampuan untuk transfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi langsung baik manusia ke manusia ataupun manusia ke komputer. *IoT* dapat digunakan dalam sistem *monitoring* guna akuisisi data dari parameter sebagai objek (*things*). Menurut analisa McKinsey Global Institute, *Internet of Things* merupakan teknologi yang mampu untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan maupun aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya secara mandiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara mandiri. Sehingga disimpulkan bahwa *internet of things (IoT)* memungkinkan terjadinya koneksi mesin dengan mesin, sehingga mesin-mesin yang berinteraksi bekerja secara mandiri sesuai dengan data yang diperoleh dan diolahnya. Dalam konteks penelitian yang dilakukan bahwa data akan diolah menjadi klasifikasi kualitas air. [8]

2.5. Learning Vector Quantization (LVQ)

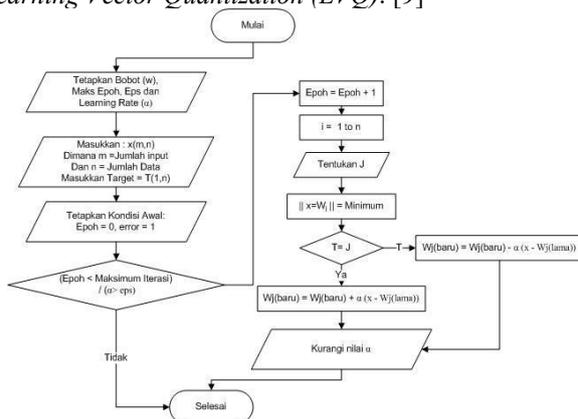
Learning Vector Quantization (LVQ) merupakan suatu metode pelatihan untuk melakukan pembelajaran pada *layer* atau lapisan kompetitif yang terawasi (*supervised learning*) dengan arsitektur jaringan berlapis tunggal (*single layer*). Kelas-kelas yang didapatkan sebagai hasil dari lapisan kompetitif ini dipengaruhi oleh jarak antara vektor-vektor *input*. Keluaran dari *LVQ* merupakan pola masing-masing unit yang mewakili kategori atau kelas tertentu (beberapa unit keluaran seharusnya digunakan untuk masing-masing kelas). Keunggulan dari metode *LVQ* yakni mampu memberikan pelatihan terhadap lapisan-lapisan kompetitif sehingga secara otomatis dapat mengklasifikasikan vektor *input* yang diberikan. [5]

Pada Gambar 2.1 merupakan arsitektur dasar dari jaringan LVQ.[11]



Gambar 2.1 Diagram Layer LVQ [11]

Berikut pada Gambar 2.2 adalah Flowchart Learning Vector Quantization (LVQ). [9]



Gambar 2.2 Flowchart LVQ

Adapun langkah-langkah dari algoritma metode LVQ terdiri atas[9]:

1. Inisialisasi Bobot awal (W) dan parameter LVQ, yaitu maxEpoch, α dan $deca$.
2. Masukkan data $input(X)$ dan kelas target (T).
3. Tetapkan kondisi awal: epoch=0.
4. Kerjakan jika: (epoch < maxEpoch)
 - a. Tentukan D (jarak) menggunakan persamaan jarak euclidean menggunakan persamaan 1 berikut.

$$D(j) = \sum (W_{ij} - X_i)^2 \quad (1)$$

- b. Cari nilai jarak minimal antar D(j) untuk menemukan kelas pemenang atau $C_j = \min([D_j])$ menggunakan persamaan 2 berikut :

$$C(j) = \min([D_j]) \quad (2)$$

- c. Perbarui Wj(bobot) dengan ketentuan:

Jika $T = C_j$ maka

$$W_j' = w_j + \alpha([x - W_j]) \quad (3)$$

Jika $T \neq C_j$ maka

$$W_j' = w_j - \alpha([x - W_j]) \quad (4)$$

- d. Kurangi nilai α dengan persamaan (5).

$$\alpha = \alpha * Deca \quad (5)$$

- e. epoch= epoch+1
- f. Iterasi berhenti ketika mencapai *max epoch* (iterasi). Dan mengembalikan nilai Wj' dan T.

Untuk nilai *max epoch*, *Deca*, dan *learning rate* (α) dapat disesuaikan untuk mencari akurasi yang tinggi. Berdasarkan saran penelitian terkait nilai *max epoch* = 10, *Deca* = 0.5, dan α = 0.1.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

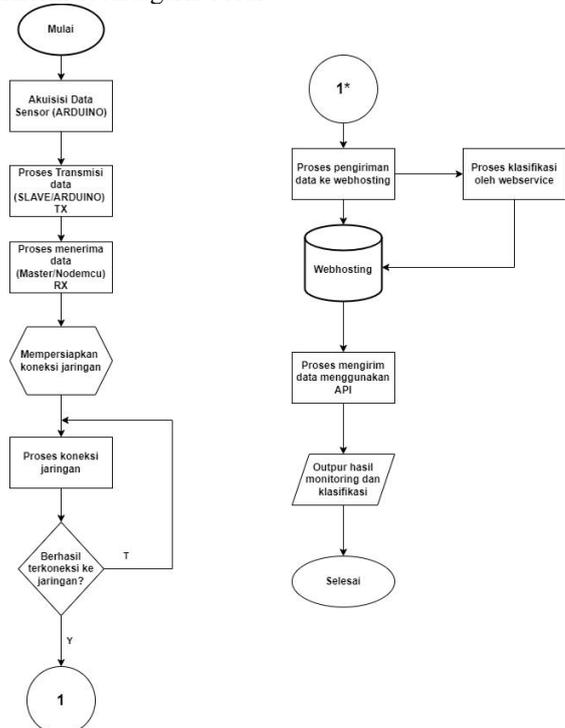
Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan cara observasi. Peneliti akan mengumpulkan data yang akan digunakan untuk klasifikasi kualitas air akuarium dengan cara melakukan sampling terhadap beberapa jenis kualitas air.

Data hasil observasi akan diklasifikasikan kemudian divalidasi oleh pakar dengan mempertimbangkan beberapa rujukan sebagai bahan keabsahan data dengan mempertimbangkan pengaruh hasil akuisisi dengan parameter eksternal lainnya. Dalam kasus ini data turbidity yang akan berbedabeda hasilnya bergantung dari faktor luar seperti pencahayaan dan keakuratan sensor.

Data yang dibutuhkan untuk training dataset algoritma LVQ adalah sebanyak 123. Kemudian untuk pengujian akurasi model data akan dipecah menjadi data latih dan data uji dengan perbandingan data uji dan data latih adalah sebanyak 3:7 setelah dikurangi sebanyak tiga data sebagai data label. Sehingga data latih sebesar 84 dan data uji sebesar 36 data.

3.2 Diagram Alur Sistem

Secara garis besar sistem monitoring yang akan dibangun memiliki alur akuisisi data dari sensor kemudian dikirim ke *webservice* kemudian *webservice* akan mengirim ke *database* untuk disimpan. Proses perolehan informasi dari *webhosting database* akan diakses dari laman web oleh pengguna. Berikut pada Gambar 3.1 merupakan diagram alur dari sistem secara garis besar.

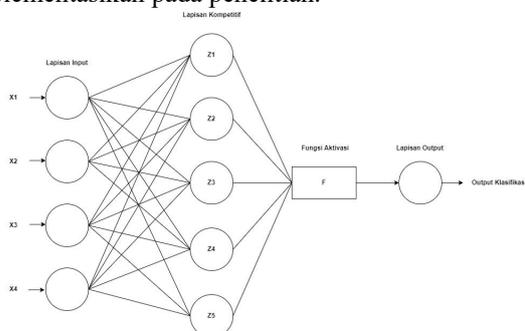


Gambar 3.1 Diagram Alur Sistem

Pada Gambar 3.1 menunjukkan bahwa data akan diakuisisi oleh *slave* yakni perangkat Arduino Uno, akuisi data berupa data sensor pH, Ultrasonik, Suhu, TDS, dan Turbidity. Data yang diakuisisi akan dikirim ke Nodemcu sebagai *master*, *master* akan menerima data yang dapat ditampilkan melalui hasil baca komunikasi *serial*, sebelum data dikirimkan ke *webservice* atau *hosting master* akan mempersiapkan koneksi internet. Apabila koneksi internet berhasil dilakukan atau berstatus koneksi maka data siap dikirimkan, data kemudian akan dikirimkan ke *webhosting* menggunakan API untuk disimpan ke *server webhosting* sebagai data mentah. API *webhosting* akan berkomunikasi dengan API *webservice* untuk melakukan proses klasifikasi, hasil klasifikasi akan diperoleh dari *webservice* yang kemudian akan dimasukkan ke dalam *database*. *Webhosting* akan mengambil data dari databasenya yang kemudian akan ditampilkan ke *website* untuk dapat dilihat penggunaanya.

3.3 Arsitektur Learning Vector Quantization (LVQ)

Pada umumnya arsitektur LVQ terdiri dari tiga lapis, lapisan *input*, lapisan kompetitif dan lapisan *output*. Lapisan ini hanya terdiri dari satu lapisan yakni lapisan kompetitif. Pada lapisan *input* data akan terstruktur dalam bentuk larik kemudian pada lapisan kompetitif data akan diberikan pembobotan. Pada lapisan *output* akan memberikan keterangan dari hasil kompetisi yakni menentukan kelas pemenang terhadap data larik input. Pada Gambar 3.2 berikut merupakan arsitektur LVQ yang akan diimplementasikan pada penelitian.

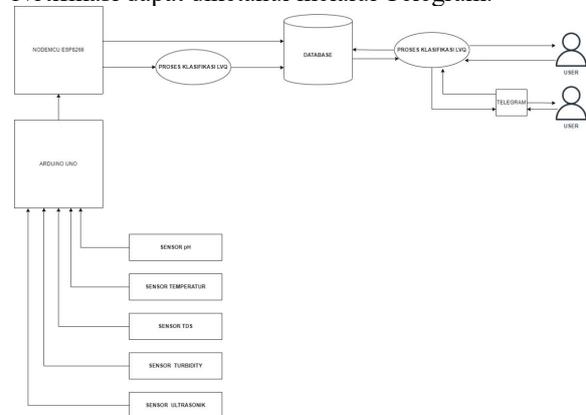


Gambar 3.2 Diagram Layer LVQ [11]

Pada klasifikasi kualitas air akuarium menggunakan empat buah parameter atau yakni data pH, TDS, Turbidity, dan Temperatur sehingga pada *input layer* terdapat empat buah *neuron input*. Pada LVQ hanya membaca rentang data tertentu untuk kompetitif sehingga klasifikasi kualitas air bagus, jelek, dan sedang dibagi menjadi air bagus, jelek atas, jelek bawah, sedang atas, sedang bawah sehingga terdapat lima buah *neuron* kompetitif. Lapisan fungsi aktivasi adalah menentukan perbandingan jarak bobot yang diperoleh untuk menentukan nilai klasifikasi dari sebuah masukan. Lapisan *output* adalah lapisan yang memproses klasifikasi menjadi tiga buah jenis *output* yakni untuk kualitas air “sedang”, “bagus” dan “jelek”.

3.4 Diagram Blok Sistem

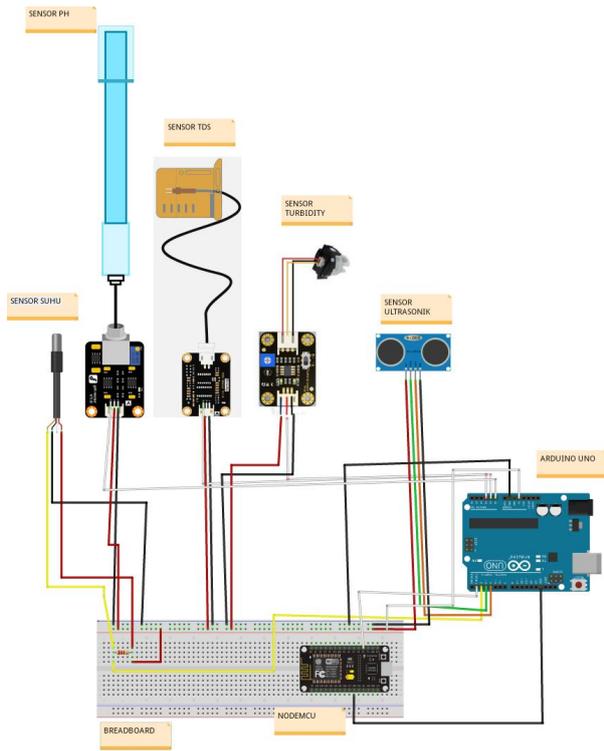
Pada blok diagram yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 menampilkan sistem *monitoring* kualitas air akuarium. Arduino digunakan sebagai *slave* untuk mengakuisisi data dan kemudian data dikirim menggunakan serial komunikasi ke Nodemcu. NodeMcu sebagai *master* akan mengelola data-data dari sensor pH, TDS, temperatur, *turbidity*, dan ultrasonik untuk dikirim ke *web* menggunakan API. NodeMcu kemudian mengirimkan data yang diakuisisi ke basis data *web service* yang akan diproses untuk klasifikasi dan menampilkan ke *dashboard monitoring*, selain itu juga menyimpan data mentah yang belum diprediksi. Interaksi user adalah ketika membuka dan mengakses aplikasi *web* untuk meminta data dan proses hasil akuisisi dan proses perhitungan klasifikasi yang kemudian akan ditampilkan di *dashboard* dari hasil klasifikasi LVQ. Notifikasi dapat diketahui melalui Telegram.



Gambar 3.3 Diagram Blok

3.5 Prototype Desain Alat

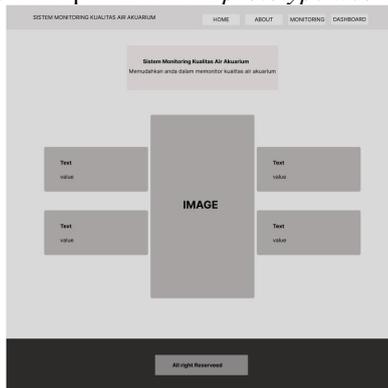
Arduino merupakan perangkat *slave* yang digunakan untuk mengakuisisi data langsung dari sensor. Nodemcu merupakan perangkat *master* yang akan memproses data menjadi baris API dan mengirimkannya ke *webservice*. Sensor-sensor terdiri dari sensor pH, sensor *turbidity*, sensor temperatur untuk air, sensor ultrasonik dan sensor TDS. Penggunaan sensor TDS, *turbidity* dan sensor pH memerlukan pin Analog, sementara untuk sensor ultrasonik dan temperatur memerlukan pin digital. Kekurangan *pin* analog pada Nodemcu menjadikan alasan penelitian ini menggunakan perangkat *slave* yakni Arduino sebagai pengakuisisi dengan jumlah *pin* yang sudah sesuai dengan kebutuhan. Pada Gambar 3.4 nampak prototipe dari desain alat yang akan digunakan.



Gambar 3.4 Prototype Alat

3.6 Prototype Web

Prototype web merupakan bentuk antar muka secara grafik untuk pengguna yang dapat memudahkan pengguna dalam memperoleh informasi dari sistem monitoring. Prototype web dirancang untuk halaman-halaman yang akan digunakan untuk menampilkan antarmuka dari perolehan informasi database ataupun webhosting. Web terdiri dari halaman Home, About, Monitoring, Dashboard, TabelSensor, TabelPrediksi, Login, dan Logout. Pada Gambar 3.3 Merupakan contoh prototype web Home.

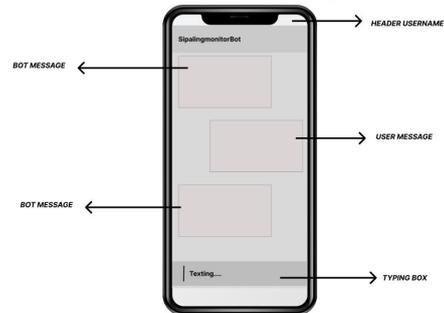


Gambar 3.5 Contoh Prototype Web

3.7 Prototype Notifikasi Telegram

Notifikasi digunakan untuk memberikan peringatan kepada pengguna terkait hasil perolehan informasi. Selain informasi yang memuat data dari akuisisi sensor berikut ada hasil dari klasifikasi kualitas air. Pada Gambar 3.6 adalah tampilan dari prototype aplikasi telegram yang akan mengirimkan notifikasi. Pada Gambar 3.6 nampak bahwa tampilan

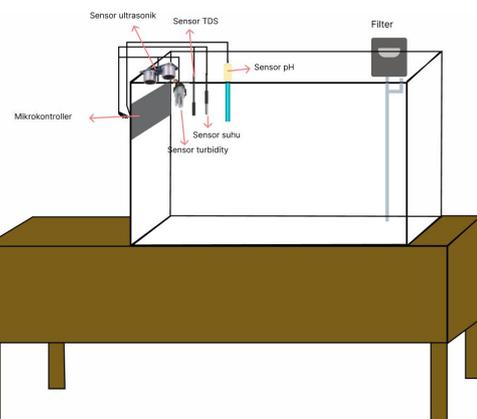
aplikasi notifikasi Telegram yang digunakan terdapat header yang berisikan username dari bot kemudian bot message yang memuat pesan dari bot berupa notifikasi, user message berisikan pesan yang terkirim ke bot dan typing box merupakan text field untuk menulis dan mengirim pesan ke bot. Pada aplikasi ini tidak terdapat interaksi untuk bot, hanya sebatas menerima notifikasi dan peringatan apabila kualitas air akuarium terklasifikasi “jelek”.



Gambar 3.6 Prototype Notifikasi Telegram

3.8 Desain Lingkungan Akuarium

Desain lingkungan akuarium nampak pada Gambar 3.7. Akuarium yang didesain memiliki filter sebagai benda non teknis penelitian. Adapun sensor-sensor diletakkan disebelah kiri seperti sensor ultrasonik, TDS, suhu, turbidity dan pH. Mikrokontroler slave-master diletakkan juga disebelah kiri. Ukuran akuarium panjang 50 cm, lebar 25 cm dan tinggi 25 cm. Desain ini mampu menampung air sebanyak 31250 cm³ kubik atau sebanyak 31,25 liter.



Gambar 3.7 Desain Akuarium dan Lingkungan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Air Akuarium Menggunakan LVQ

Implementasi sistem yakni dengan menerapkan prototype alat untuk memperoleh data kemudian mengimplementasikan komunikasi data antar perangkat keras kemudian komunikasi data ke perangkat lunak. Data dari perangkat sensor akan diolah menggunakan metode LVQ untuk diperoleh klasifikasinya, implementasi end-user adalah dengan menggunakan aplikasi berbasis WEB untuk

mengetahui kondisi air secara *realtime* dan hasil klasifikasi kualitas air serta implementasi notifikasi ke media *chat* Telegram.

4.1.1 Implementasi Alat dan Lingkungan

Implementasi lingkungan akuarium merupakan implementasi rancangan lingkungan dari Bab 3.3 yang ditampakkan pada Gambar 4.1. Implementasi alat sistem *monitoring* yakni implementasi penggunaan *hardware-hardware* dan lingkungan akuarium yang terdiri dari mikrokontroller, akuarium, sensor-sensor, dan alat tambahan akuarium seperti *filter* akuarium.



Gambar 4.1 Implementasi Lingkungan

4.1.2 Implementasi Metode LVQ

Metode LVQ akan dilakukan proses *deployment* ke *webservice* menggunakan *framework* Flask yakni berbasis bahasa pemrograman Python. Dari *webservice* dapat dilakukan proses pengambilan data parameter kualitas air kemudian keluarannya berupa klasifikasi kualitas air akuarium. Pada Gambar 4.2 merupakan implementasi *source code* dari algoritma LVQ ke *webservice* (*deployment*).



Gambar 4.2 Implementasi Metode ke Webservice

4.1.3 Implementasi Web

Sistem sudah dapat diakses secara *end-user* dengan alamat <https://sipalingmonitor.com/> atau <http://sipalingmonitor.com/>. Pada sistem ini akan menampilkan data hasil dari akuisisi *webhosting* dan sekilas informasi tentang *website*.



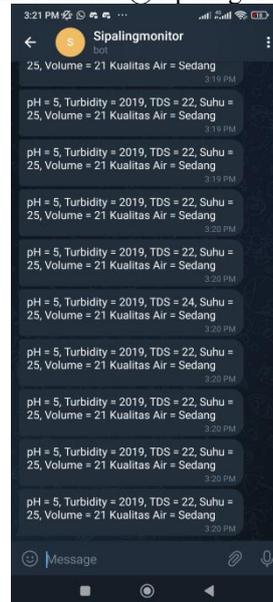
Gambar 4.3 Implementasi Web Halaman Home

Pada halaman Home pengguna dapat melihat laman yang berisikan informasi tentang *website*.

Halaman ini merupakan implementasi dari rancangan yang ada pada Bab 3.2. Pada Gambar 4.3 merupakan penampakan dari halaman *web home*.

4.1.4 Implementasi Notifikasi Telegram

Sistem notifikasi menggunakan Telegram. Saat data dari sensor terkirim ke *API* maka *website* akan menggunakan *API* Telegram untuk mengirimkan pesan hasil *inputan data*. Pada Gambar 4.4 merupakan bot Telegram untuk monitoring secara *realtime* bot ini bernama @SipalingMonitor.



Gambar 4.4 Implementasi Notifikasi Telegram

4.2 Pengujian Sistem Aplikasi

Pengujian sistem aplikasi adalah pengujian untuk perangkat lunak (*software*) dimana pengujian ini terdiri dari pengujian secara kualitas untuk mengetahui pemenuhan atas standar dari tujuan dibuatnya aplikasi. Pengujian kualitas terdiri dari pengujian *black box*, responsivitas, dan browser dan pengujian *user*.

Pengujian *black box* dilakukan dengan menetapkan skenario dan standar untuk aplikasi yang dibuat untuk diuji validitasnya antara ekspektasi dan hasil pada sistem. Hasil dari uji *blackbox* didapatkan hasil keseluruhan valid. Artinya sistem dapat digunakan sebagaimana harapan capaian standar kualitas penelitian.

Pengujian *browser* dilakukan dengan menjalankan aplikasi melalui *browser* selain itu melakukan uji responsivitasnya melalui berbagai perangkat. Hasil dari pengujian *browser* dan responsivitas didapatkan kesimpulan bahwa *website* sistem *monitoring* kualitas air akuarium dapat digunakan diberbagai perangkat dan diberbagai *web* bawaan pengguna baik *mobile* maupun *desktop*.

Pengujian *user* dimana pengujian dilakukan kepada 13 responden dengan 16 pertanyaan terhadap pengguna atau user hasilnya menjawab 196 setuju dengan pengalaman sesuai pertanyaan atau sebesar $(196/208 \times 100\%) = 94\%$. Sebanyak 10 dari 208 atau $(10/208 \times 100\%) = 4.8\%$ menyatakan kurang setuju

dan 1 dari 208 atau $(1/208 \times 100\%) = 1.2\%$ menyatakan tidak setuju.

Hasil dari pengujian sistem aplikasi didapatkan bahwa sistem *monitoring* secara *perangkat lunak* sudah memenuhi standar dari kualitas yang diharapkan dari penelitian.

4.3 Pengujian Hardware

Dari hasil uji *hardware* semua sensor sudah mampu berjalan dengan baik dimana sensor sudah mampu membaca dan mengakuisisi pengukuran lingkungan. Dari hasil pengujian perangkat keras (*Hardware*) didapatkan hasil untuk pembacaan sensor pH, TDS, Turbidity, ultrasonik dan temperatur memiliki toleransi rata-rata *error* yang kecil yakni kurang dari 5% *error*. Pengujian hardware pada Tabel 4.1 merupakan contoh hasil uji sensor terhadap pengukuran pH.

Tabel 4.1 Contoh Hasil Pengujian Sensor

| NO | Nilai Aktual | Nilai Baca | Selisih | Persentase Error |
|----|--------------|------------|---------|------------------|
| 1 | 4 | 3,92 | 0,08 | 2,00% |
| 2 | 4 | 3,92 | 0,08 | 2,00% |
| 3 | 4 | 4 | 0 | 0,00% |
| 4 | 4 | 4 | 0 | 0,00% |
| 5 | 4 | 3,97 | 0,03 | 0,75% |

4.4 Pengujian Metode

Metode diuji dengan matriks evaluasi untuk kasus klasifikasi yakni menggunakan *confusion matrix*. Data uji yakni sebanyak 30% dari data yang ada sebagai konfirmasi atau *train-test split* berbanding : 7:3.

Pada Tabel 4.2 merupakan hasil perhitungan *confusion matrix* yang memuat nilai untuk jumlah *True Positif*, *True Negatif*, *False Positif* dan *False Negatif*. Kemudian memuat nilai dari Akurasi, Presisi, F1 dan *Recall*.

Tabel 4.2 Pengujian Metode dengan *Confussion Matrix*

| | |
|----------------------|------|
| <i>True Positif</i> | 17 |
| <i>True Negatif</i> | 17 |
| <i>False Positif</i> | 0 |
| <i>False Negatif</i> | 2 |
| Akurasi | 94% |
| Presisi | 100% |
| F1 | 94% |
| <i>Recall</i> | 89% |

Berdasarkan hasil uji metode *Learning Vector Quantization* dengan pengujian menggunakan *confusion matrix* diperoleh akurasi sebesar 94%, presisi sebesar 100% dengan F1 94%, F1 sebesar 94% dan *Recall* sebesar 89%.

4.5 Pengujian Notifikasi

Pengujian notifikasi dilakukan dengan cara pengujian fungsional saat *API* berhasil mengirimkan data berikut data akan tampil pada pesan Telegram. *API* akan diuji ketika data dari sensor diperoleh

kemudian hasil akuisisi data akan dikirim ke *API* Telegram dan ditampilkan.

Berdasarkan hasil pengujian fungsional notifikasi Telegram bahwa penggunaan *bot* Telegram dapat berjalan sesuai fungsinya untuk notifikasi kondisi *realtime* hasil akuisisi data monitoring berikut untuk peringatan apabila kualitas air terklasifikasi jelek.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan meliputi pengujian kualitas aplikasi, komunikasi data, pengujian *hardware*, pengujian metode dan pengujian notifikasi bahwa sistem *monitoring* dapat dijalankan dengan rincian hasil pengujian :

1. Hasil dari pengujian sistem aplikasi didapatkan bahwa sistem *monitoring* secara *perangkat lunak* sudah memenuhi standar dari kualitas yang diharapkan dari penelitian.
2. Dari hasil pengujian perangkat keras (*Hardware*) didapatkan hasil untuk pembacaan sensor pH, TDS, Turbidity, ultrasonik dan temperatur memiliki toleransi rata-rata *error* yang kecil yakni kurang dari 5% *error*.
3. Berdasarkan hasil uji metode *Learning Vector Quantization* dengan pengujian menggunakan *confusion matrix* diperoleh akurasi sebesar 94.3% presisi sebesar 100% dengan F1 94% dan *recall* 89%. Berdasarkan hasil uji metode menggunakan *confussion matrix* bahwa metode sudah dapat digunakan untuk mengklasifikasikan kualitas air akuarium dengan baik.
4. Berdasarkan hasil pengujian fungsional pada *bot* Telegram bahwa penggunaan *bot* Telegram dapat berjalan sesuai fungsinya untuk notifikasi kondisi *realtime* hasil akuisisi data berikut untuk peringatan apabila kualitas air terklasifikasi jelek.

Adapun saran dari untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya mencoba menggunakan metode *LVQ* lainnya seperti *LVQ 2*, *LVQ 2.1* ataupun *LVQ 3*.
2. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya untuk mengembangkan *Learning Vector Quantization* untuk proses kontroling dengan cara mengukur jarak antar bobot untuk mengetahui anomali dan dari anomali menentukan keputusan kontroling.1.
3. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya untuk membuat laporan *monitoring* terjadinya anomali.
4. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya untuk melakukan kombinasi dengan *reinforcement learning* guna melakukan kontroling otomatis dari hasil belajar jaringan syaraf tiruan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Mardiyono, A. A. Suhandana, M. Yusuf, and B. Rasyiidin, "Sistem Peringatan Kualitas Air dengan Teknologi IoT Berbasis Cloud pada Akuarium Air Tawar Abstrak," vol. 8, no. 1, pp. 53–62, 2022.
- [2] J. Marpaung, "Pengaruh Penggunaan Gadget Dalam Kehidupan," *KOPASTA J. Progr. Stud. Bimbing. Konseling*, vol. 5, no. 2, pp. 55–64, 2018, doi: 10.33373/kop.v5i2.1521.
- [3] H. Z. Muttaqin, A. Faisol, and A. Wahid, "Penerapan Internet Of Things (IoT) Untuk Monitoring Dan Controlling PH Air Suhu Air Dan Pemberian Pakan Ikan Guppy Pada Aquarium Menggunakan Aplikasi Whatsapp," *J. JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.,* vol. 6, no. 1, pp. 276–284, 2022.
- [4] W. Finanda, J. D. Irawan, and K. Auliasari, "Penerapan Iot Pada Monitoring Budidaya Udang Hias Dalam Aquarium Berbasis Arduino," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.,* vol. 4, no. 2, pp. 155–160, 2020, doi: 10.36040/jati.v4i2.2697.
- [5] R. Hamidi, M. T. Furqon, and B. Rahayudi, "Implementasi Learning Vector Quantization (LVQ) untuk Klasifikasi Kualitas Air Sungai," *J-Ptiik*, vol. 1, no. 12, pp. 1758–1763, 2017, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/635>.
- [6] N. I. Widiastuti and R. Susanto, "Kajian sistem monitoring dokumen akreditasi teknik informatika unikom," *Maj. Ilm. UNIKOM*, vol. 12, no. 2, pp. 195–202, 2014, doi: 10.34010/miu.v12i2.28.
- [7] E. Ramadhani, A. N. Anna, and M. Cholil, "Analisis Pencemaran Kualitas Air Sungai Bengawan Solo Akibat Limbah Industri di Kecamatan Kebakkramat Kabupaten Karanganyar," *Publ. Karya Ilm.*, p. 19, 2016, [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/>.
- [8] I. Chandra, "Pengembangan Sistem Informasi Pembayaran Rawat Inap Pasien Keluarga Miskin Berbasis Ina-Drg Casemix Guna Monitoring Pembiayaan Kesehatan Di Rumah Sakit Umum Daerah Dokter Soedarso Kalimantan Barat," pp. 1–209, 2009.
- [9] S. Thawornwong, D. Enke, and C. Dagli, "Neural networks as a decision maker for stock trading: A technical analysis approach," *Int. J. Smart Eng. Syst. Des.*, vol. 5, no. 4, pp. 313–325, 2003, doi: 10.1080/10255810390245627.
- [11] B. Kurniawan, "Korelasi Motivasi Berprestasi Terhadap Indeks Prestasi Menggunakan Metode Learning Vector Quantization," *J. Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 124–129, 2020, doi: 10.33060/jik/2020/vol9.iss2.176.