

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Alat Pemberi Pakan dan Pengganti Air Aquarium Otomatis Berbasis Arduino Uno” penelitian ini merancang sebuah alat pemberi pakan dan pengganti air aquarium otomatis berbasis arduino. Alat ini menggunakan arduino yang merupakan alat pengendali untuk menggerakkan sistem secara keseluruhan. Pada alat ini menggunakan sensor kekeruhan yang berfungsi untuk mendeteksi keruhnya air pada aquarium. Sensor *water level* untuk mengukur ketinggian air pada aquarium. Motor servo akan memberikan perintah pada arduino untuk membuka pemberi pakan pada ikan. *Relay* berfungsi untuk mematikan dan menghidupkan pompa air pada aquarium dan pompa air 1 dan pompa air 2 juga berfungsi untuk pembuangan air dan penggantian air. dan *buzzer* digunakan untuk memberikan tanda bunyi untuk pemberi pakan dan pengganti air, Lcd akan berfungsi untuk menampilkan waktu, tanggal dan pakan peringatan penggantian air sedangkan Rtc untuk menyimpan waktu dan tanggalnya [3].

Penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pemberian Ikan Lele Dan Pergantian Air Kolam Secara Otomatis Menggunakan Mikrokontroler” Pada penelitian ini dibuat sebuah alat pemberi pakan ikan lele dan pergantian air kolam otomatis pada sebuah kolam uji. Dengan alat ini pemberian pakan ikan lele dan pergantian air kolam akan dilakukan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, alat ini juga akan memberikan pakan ikan lele sehingga mempermudah pemilik ikan lele dalam pembudidayaan ikan lele. Alat ini memiliki sensor ultrasonik yang berfungsi untuk mendeteksi pakan ikan lele yang sedikit lagi akan habis, dan 1 motor servo yang berfungsi sebagai untuk membuka dan menutup celah lubang pada wadah pakan ikan lele ke dalam kolam uji [4].

Penelitian yang berjudul “Sistem Monitoring PH Air Pada Aquaponik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno” pada penelitian ini dibuat sebuah alat yang berfungsi untuk memonitor tingkat kadar pH pada Air pada tanaman aquaponik. Digunakannya mikrokontroler Arduino Uno R3 sebagai otak

pengendalian sitem, digunakan juga sensor suhu DS18B20 sebagai pendeteksi suhu udara dan sensor PH meter sebuah alat elektronik yang berfungsi untuk mengukur pH (derajat keasaman atau kebasaan) suatu cairan (ada elektroda khusus yang berfungsi untuk mengukur pH bahan-bahan semi padat) [5].

Penelitian yang berjudul “Sistem Peringatan Kualitas Air dengan Teknologi IoT Berbasis *Cloud* pada Aquarium Air Tawar” penelitian ini merancang sebuah alat pengembangan IoT untuk memonitor kualitas air pada aquarium air tawar. Hobi memelihara ikan hias masih menjadi komoditi yang disenangi orang-orang sebagai suatu hobi yang dapat mengurangi rasa jenuh. Kualitas air aquarium dapat dijaga dengan rutin memeriksa tingkat kekeruhan dan pH air pada aquarium kura-kura hias. Pemantauan kualitas air harus rutin dilakukan tiap hari agar tidak terjadi kelalaian yang berakibat pada kesehatan dari ikan hias menjadi menurun atau bahkan dalam kondisi terburuk dapat membuat ikan hias tidak dapat bertahan hidup. Pemilik ikan hias dapat tetap memantaunya ketika pemilik dalam kondisi sibuk bekerja atau pada saat tidak berada di rumah. Penelitian ini mengembangkan teknologi IoT dengan menghasilkan suatu Hardware yang dapat dimonitor melalui aplikasi berbasis web. Metode yang digunakan dalam pengembangan aplikasi ini adalah *Metode Software Development Life Cycle (SDLC)* dengan Model *Waterfall* [6].

Penelitian yang berjudul “Implementasi Monitoring Air Bersih Pada Aquarium kura-kura Koi Dengan Nodemcu Esp8266 Menggunakan Metode *Fuzzy Tsukamoto*” Sistem monitoring air yang dibangun ini melakukan pemantauan kualitas air berdasarkan kriteria pH, kekeruhan, dan ketinggian air menggunakan Nodemcu dan Arduino uno. Selain itu sistem ini dapat melakukan pengisian dan pengurasan air secara otomatis berdasarkan keputusan yang dihasilkan oleh metode *Fuzzy Tsukamoto*. Metode *Fuzzy Tsukamoto* merupakan metode yang digunakan untuk mengubah nilai sensor pH, kekeruhan dan ketinggian air yang bersifat bukan biner maupun non linier menjadi nilai linguistik dan bertujuan sebagai pengambil keputusan untuk memberikan perintah menambahkan air atau mengganti air pada sistem monitoring air yang dibangun ini [7].

Penelitian yang berjudul “Sistem Pengganti Air Berdasarkan Kekeruhan dan pemberi Pakan Ikan Pada Aquarium Air Tawar Secara Otomatis Berbasis

Mikrokontroler Atmega16” penelitian ini merancang sebuah alat pendeteksi kekeruhan dan pemberi pakan ikan pada aquarium air tawar secara otomatis ini terdiri dari rangkaian sensor untuk mendeteksi kekeruhan ,dan minimum system dari mikrokontroler ATmega16 sebagai pusat kendali pada rangkaian sensor, dan rangkaian driver motor DC berfungsi sebagai mekanisme buka dan tutup box makanan. Pergantian air dikendalikan oleh water pump dijalankan berdasarkan tingkat intensitas cahaya yang diterima LDR berdasarkan sistem.Sistem pemberi pakan pakan ikan berdasarkan waktu yang diinputkan oleh pemilik.Dari pengujian sistem yang dilakukan didapat hasil dimana sistem penjadwalan pakan ikan berhasil dengan tingkat keberhasilan 100%, sistem pergantian air berjalan sesuai tingkat setting kekeruhan dan tinggi rendah *water level* berjalan dengan baik [8].

Penelitian yang berjudul “Aplikasi Sistem Pengontrolan Turtle Tub Untuk Pemeliharaan Kura-Kura Red Belly Nelsoni Dengan Arduino” pada penelitian ini dibutuhkan beberapa perangkat keras seperti WeMos D1 dan sensor-sensor seperti sensor suhu DSB18B20 untuk mengukur suhu air dan sensor suhu DHT11 untuk mengukur basking spot, sensor pH SKU SEN0161, sensor turbiditas SKU SEN0189, Real Time Clock, dan *Relay* Module. Selain itu, terdapat pula beberapa alat bantu seperti water heater, kipas DC dan lampu UVA/UVB sebagai sumber cahaya pada basking spot dimana suhunya menjadi salah satu parameter yang akan dipantau. Untuk perangkat lunaknya sendiri, menggunakan Blynk yang berperan sebagai penerima data output dari setiap sensor dan kemudian dapat ditampilkan dan diakses oleh user, dimana data yang diterima bakal disimpan di server Blynk sebagai penyimpanan pada operasi normal dan juga EEPROM sebagai penyimpanan backup jikalau daya listrik mati [9].

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Objek Penelitian	Parameter yang diukur	Hasil
1	Habibi Ramdani Safitri	Pemberian pakan dan pengganti air aquarium otomatis	Ketinggian air pada akuarium, pH	Dari penelitian dilakukan sudah sudah menampilkan waktu, tanggal dan

No	Nama Peneliti	Objek Penelitian	Parameter yang diukur	Hasil
				pakan peringatan penggantian air.
2	Siti Nuraisah, Didik Setiyadi	Rancang Bangun Sistem pemberian Ikan lele dan Pergantian air kolam secara otomatis	Sensor ultrasonik, kekeruhan air	Sudah bekerja dengan baik pemberian pakan ikan lele dan pergantian air kolam dapat diberikan dan diganti dengan waktu yang telah ditentukan.
3	Yuri Rahmanto, Samsugi S	Sistem Monitoring PH air pada Aquaponik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno	Untuk memonitor tingkat kadar pH pada air pada tanaman aquaponik.	Hanya dapat mengukur nilai pH nya saja.
4	Anggi Mardiyono, Ariawan Andi Suhandana, Muhammad Yusuf Bagus Rasyidin	Sistem Peringatan Kualitas Air dengan Teknologi IoT berbasis Cloud pada Aquarium Air Tawar.	Tingkat kekeruhan dan pH	Hanya pemantauan kualitas air saja
5	Ikhsan efendi, Dwi Puspitasari, Irsyad Arif Mashudi	Implementasi Monitoring Air Bersih Pada Aquarium kura-kura dengan Nodemcu Esp8266	Nilai pH, kekeruhan, dan ketinggian air.	Hanya memberikan perintah menambah atau mengganti air.

No	Nama Peneliti	Objek Penelitian	Parameter yang diukur	Hasil
6	Budi Santoso, Agung Dwi Arfianto	Sistem Pengganti Air berdasarkan Kekeruhan dan pemberi Pakan Ikan pada Aquarium	Kekeruhan, dan pemberi pakan otomatis	Sistem penjadwalan pakan berhasil dan sistem pergantian air berjalan sesuai tingkat kekeruhan
7	Kevin Pramana Pongmasak, Silvia Rostianingsih, Indar Sugiarto	Aplikasi Sistem Pengontrolan Turtle Tub untuk Pemeliharaan Kura-kura Red Belly	Sensor suhu air, pH	Hanya pemantauan sensor suhu air dan ph pada kura-kura

2.2 DASAR TEORI

Sebelum masuk lebih dalam pada penelitian ini diperlukan pengetahuan terhadap komponen sistem yang sedang dibangun, maka pada dasar teori ini akan dijelaskan komponen apa saja yang berkaitan dengan penelitian ini.

2.2.1 Aquarium

Aquarium adalah salah satu bentuk replika kehidupan ikan yang menyerupai lingkungan alam. Aquarium tidak hanya berfungsi sebagai tempat hidup dan berkembang biak ikan, tetapi sering kali digunakan sebagai penghias interior dan dapat pula dimanfaatkan sebagai saluran air. Baskom kaca ini hanyalah sebuah wadah yang digunakan sebagai tempat hidup dan berkembang biaknya ikan. Selain itu, aquarium menjadi bagian penting bagi kalangan pecinta atau peternak ikan hias. Aquarium berfungsi untuk menghias ruangan dan keberadaannya dapat dinikmati oleh penggemarnya sebagai hiburan yang murah bagi keluarga ditengah sibuknya pekerjaan. Aquarium juga dapat menambah daya tarik keindahan makhluk air [10].

2.2.2 Baku Mutu Air

Baku mutu air merupakan kumpulan parameter kualitas air yang harus dijaga dan diatur dalam sebuah aquarium agar menciptakan lingkungan yang sehat dan optimal bagi ikan dan tanaman. Parameter-parameter ini mencakup berbagai aspek penting. Nilai *Oxidation Reduction Potential* (ORP) juga merupakan salah

satu parameter penting yang terkait dengan baku mutu air dalam sebuah akuarium. Di perairan yang sehat, ORP harus terbaca tinggi antara 300 dan 500 mV [11]. Nilai ORP menggambarkan tingkat potensial oksidasi-reduksi dalam air, yang mencerminkan kemampuan air untuk mendonorkan atau menerima elektron dalam proses oksidasi dan reduksi. Dalam pengelolaan akuarium, memantau dan mengatur nilai ORP menjadi bagian penting dalam menjaga kualitas air yang optimal dan mendukung kesehatan ikan serta organisme akuatik lainnya. Memastikan nilai ORP berada dalam kisaran yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan spesies yang ada dalam akuarium dapat meningkatkan kualitas hidup ikan dan membuat lingkungan akuatik menjadi lebih seimbang dan stabil [12].

2.2.3 Oxidation Reduction Potential (ORP)

Oxidation Reduction Potential (ORP) adalah ukuran kemampuan oksidasi dan reduksi larutan berair, yang tingkat oksidasi atau reduksi relatif. Satuan pada ORP adalah mV. Jika potensial reduksi oksidasi tinggi maka oksidasi kimia kuat, sedangkan jika potensial rendah maka oksidasi lebih lemah. Potensi positif berarti larutan menunjukkan tingkat oksidasi tertentu, sedangkan potensi negatif berarti larutan menunjukkan tingkat reduksi tertentu. ORP merupakan indeks pendeteksian kualitas air yang penting, meskipun tidak dapat memisahkan kualitas air secara mandiri, namun dapat dikombinasikan dengan indeks kualitas air lainnya untuk mencerminkan lingkungan ekologis dengan lebih baik [13].

Dalam reaksi redoks ada dua komponen utama yaitu sebagai berikut:

1. Oksidasi

Oksidasi terjadi ketika suatu zat kehilangan elektron. Dalam konteks ORP, nilai ORP yang lebih positif mengindikasikan potensial oksidasi yang tinggi. Ini berarti bahwa air memiliki kecenderungan untuk menerima elektron, yang dapat merujuk pada kondisi di mana terjadi reaksi kimia yang menghasilkan pengoksidasi atau pembersih. Dan dalam proses oksidasi yang terjadi air pada akuarium akan terlihat bersih.

2. Reduksi

Reduksi terjadi ketika suatu zat mendapatkan elektron. Dalam konteks ORP, nilai ORP yang lebih negatif mengindikasikan potensial reduksi yang tinggi. Ini menunjukkan bahwa air memiliki kecenderungan untuk melepaskan elektron, yang

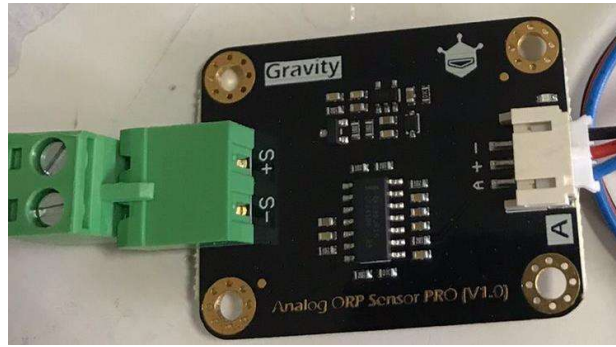
dapat merujuk pada kondisi di mana terjadi reaksi kimia yang melibatkan reduktor atau zat yang bisa mereduksi zat lain. Dan pada proses reduksi membuat suatu keadaan air menjadi keruh dikarenakan banyaknya kotoran ikan atau pun bakteri pada akuarium.

Dalam akuarium atau sistem akuakultur, ORP dapat digunakan untuk memantau siklus nitrogen, yang melibatkan proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrit menjadi nitrat. Memantau nilai ORP dapat membantu mengoptimalkan kondisi akuarium dan mencegah terjadinya akumulasi amonia atau nitrit yang berbahaya bagi ikan. Dalam konteks pengambilan keputusan penggantian air pada akuarium, potensi oksidasi-reduksi (ORP) dapat digunakan sebagai parameter untuk memonitor kualitas air dan mengidentifikasi perubahan yang mempengaruhi kesehatan ikan dan ekosistem akuarium. Dengan memahami potensi oksidasi-reduksi, pengguna dapat mengambil tindakan yang tepat untuk menjaga lingkungan akuarium tetap sehat dan optimal [11].



Gambar 2.1 Sensor ORP Dfrobot

Pada Gambar 2.1 merupakan Sensor ORP *Dfrobot*. Dimana penggunaan ORP sangat penting untuk ikan pada akuarium untuk mengukur pengurangan potensi oksidasi untuk menjamin kesehatan ikan mereka. Pada industri tersebut ORP meter digunakan untuk berbagai tujuan sesuai keperluan industrinya tersebut [13]. Karena sensor ORP ini masih analog diperlukan modul ADC (*Analog Digital Converter*).



Gambar 2.2 Analog ORP Sensor

Pada Gambar 2.2 merupakan Analog ORP Sensor dimana ADC adalah suatu perangkat yang mengubah suatu data kontinu terhadap waktu (analog) menjadi suatu data diskrit terhadap waktu (digital). ADC banyak digunakan sebagai pengatur proses industry, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/pengujian. Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistim komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistim digital (komputer). ADC (*Analog to Digital Converter*) memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi. Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam sample per *second* (SPS). Resolusi ADC menentukan ketelitian nilai hasil konversi ADC. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki output 8 bit data digital, ini berarti sinyal *input* dapat dinyatakan dalam 255 nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit output data digital, ini berarti sinyal *input* dapat dinyatakan dalam 4096. ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit [14]

Tabel 2.1 Spesifikasi ORP Signal Converter.

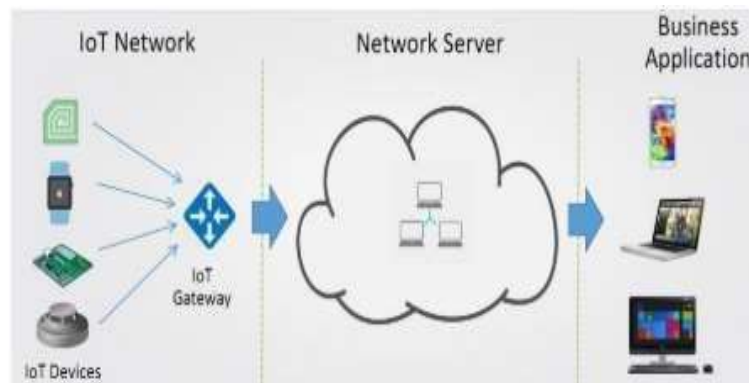
SPESIFIKASI	ORP SIGNAL CONVERTER
Tegangan Masukan	5 V
Signal Masukan	0.5V ~ 4.5 V
Input Interface	5.08mm/0.20" Pluggable Connector

SPESIFIKASI	ORP SIGNAL CONVERTER
Rentang Pengukuran	-2000mV ~ +2000mV
Output Interface	PH2.0 - 3Pin
Ukuran	42mm x 32mm/1.65 x 1.26
Indikator Elektroda	Platinum
Referensi Electroda	Silver-silver chloride
Suhu	5-70°C
Potensi Electroda	245mV ~ 270mV
Resinansi Elektroda	≤10KΩ
Stabilitas Elektroda	±8mV/24h

Pada Tabel 2.1 merupakan Spesifikasi dari ORP dimana memiliki ketentuan dari rentang pengukuran, suhu, tegangan yang akan berguna saat melakukan pengujian.

2.2.4 *Internet of Things*

Internet of Things atau lebih sering didengar dengan istilah IoT merupakan satu teknologi yang secara garis besar merupakan suatu kesatuan dari berbagai sistem yang terdiri dari sensor, akuator, mikrokontroler, mikroprocessor, dan jaringan internet. Sehingga suatu objek dapat memiliki kemampuan untuk membaca dan bertukar data dengan meminimalisir balikan tanpa campur tangan manusia. Bisa disebut juga bahwa *Internet of Things* merupakan struktur dimana objek memiliki kemampuan untuk berkomunikasi antar komputer [15]. Berikut ini merupakan Gambar 2.3 Arsitektur *Internet of Things*:

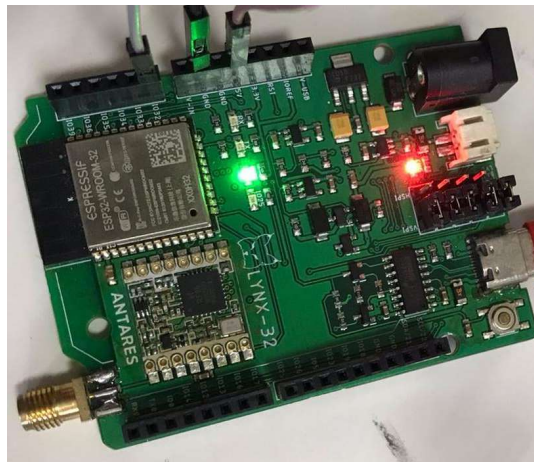


Gambar 2.3 Arsitektur *Internet of Things* [15]

2.2.5 LYNX-32 DEVELOPMENT BOARD

Lynx-32 Lora *Development Board* merupakan sebuah mikrokontroler yang memiliki keunggulan utama berupa kemampuan fleksibilitas dan kemudahan penggunaan yang luas karena menggunakan produk ESP (*Espressif*) yang terkenal dengan kualitasnya. Mikrokontroler ini merupakan produk asli Indonesia yang terbaru dan memiliki berbagai fitur canggih yang sangat berguna untuk pengembangan perangkat dengan cepat dan efisien.

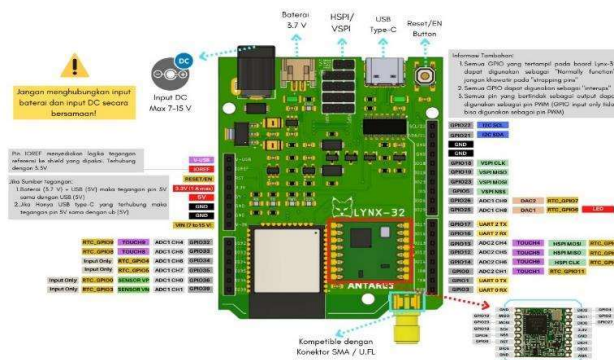
Fitur terbaru pada Lynx-32 Lora *Development Board*, yaitu adanya modul Lora dan ESP32, memungkinkan pengembang untuk menyelesaikan proses pengembangan perangkat dengan mudah dan cepat. Modul Lora memungkinkan perangkat yang dibuat dengan menggunakan mikrokontroler ini untuk melakukan komunikasi jarak jauh secara efektif dan efisien. Sementara itu, modul ESP32 yang terintegrasi pada mikrokontroler ini memungkinkan pengembang untuk mengakses fitur-fitur Wi-Fi dan *Bluetooth* secara langsung tanpa memerlukan tambahan perangkat keras. Berikut Gambar 2.4 dari mikrokontroler lynx-32:



Gambar 2.4 Board Lynx-32

Selain fitur Lora dan ESP32, Lynx-32 Lora *Development Board* juga menawarkan antarmuka pengguna yang mudah digunakan dan memudahkan pengaturan dan pemantauan perangkat dengan mudah. Dukungan bahasa pemrograman yang beragam, termasuk Python, Arduino, dan MicroPython, juga memungkinkan pengguna untuk memilih bahasa pemrograman yang paling sesuai

dengan kebutuhan mereka. Berikut Gambar 2.5 pinout dari mikrokontroler lynx-32:



Gambar 2.5 Pinout Lynx-32 [16]

2.2.6 Liquid Crystal Display (LCD)

Penampil (display) elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi untuk menampilkan angka, huruf atau simbol-simbol lainnya. LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu *display* elektronika yang umum digunakan seperti pada Gambar 2.6 . LCD dibuat dengan CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya melainkan memantulkan cahaya yang ada di sekitarnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. Jumlah karakter yang dapat ditampilkan oleh sebuah LCD tergantung dari spesifikasi yang dimiliki.



Gambar 2.6 LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2

2.2.7 Platform Antares

Antares merupakan salah satu *Platform* yang berbasis web server yang sering digunakan untuk penerapan *Internet of Things*. *Platform* antares sendiri memiliki fitur untuk pengguna umum yang free user (gratis) dan ada juga untuk 21 fitur yang khusus (berbayar) atau dinamakan paid user biasanya sering digunakan untuk proyek IoT dalam skala besar. Berikut Gambar 2.7 merupakan logo *Platform* Antares:



Gambar 2.7 Logo Antares [17]

Penggunaan *Platform* antares pada penelitian ini sebagai penyimpanan untuk data sensor dan dapat menampilkan dalam grafik yang nantinya bisa dilihat dari web untuk memonitoring dan mengontrol [18].

Fitur pada *Platform* Antares:

- 1) Seluruh komunikasi ditransmisikan di jalur yang telah dienkripsi. Segalanya diatur agar sangat handal, aman, dan tagguh di atas *Secure Transport Layer*.
- 2) Mampu mengelola infrastruktur selama 24/7.
- 3) Antares mendukung berbagai macam perangkat seperti Arduino, ESP, Android, Raspberry Pi, dll dan berbagai macam bahasa pemrograman.
- 4) Dapat mengontrol aplikasi melalui *dashboard* namun juga menggunakan API yang disediakan.
- 5) Antares *support* tiga protokol komunikasi yaitu HTTP, MQTT dan COAP [17].

2.2.8 Aplikasi Wireshark

Wireshark adalah *tools open source* penganalisis protokol jaringan terkemuka dan banyak digunakan di dunia. Ini memungkinkan untuk melihat apa yang terjadi di jaringan pada tingkat mikroskopis dan merupakan standar *de facto*. *Wireshark* dapat menganalisis paket data secara *real time*. Artinya aplikasi *Wireshark* ini akan mengawasi semua paket data yang keluar masuk melalui antar muka yang telah ditentukan oleh *user*. *Wireshark* juga dapat membaca data secara

langsung dari *Ethernet*, Token- Ring, FDDI, serial (PPP and SLIP), 802.11 *wireless* LAN , dan koneksi ATM. *Tools* ini bisa menangkap paket-paket data/informasi yang berjalan dalam jaringan. Semua jenis paket informasi dalam berbagai format protokol pun akan dengan mudah ditangkap dan dianalisa [19]. Berikut Gambar 2.8 logo aplikasi wireshark:



Gambar 2.8 Logo *Wireshark*

2.2.9 Pengujian Sensor

Pengujian sensor dapat dilakukan dengan beberapa cara tergantung pada jenis dan karakteristik sensor yang diuji. Namun, pada umumnya, pengujian sensor dilakukan untuk memastikan bahwa sensor tersebut berfungsi sesuai dengan spesifikasinya dan memberikan respons yang akurat terhadap sinyal yang diterima. Berdasarkan standard IEC no13B-23 toleransi *error* sensor tidak boleh melebihi 5% [20]. Berikut adalah beberapa metode yang dapat digunakan untuk pengujian sensor:

1) Selisih

Selisih dapat digunakan untuk menghitung perbedaan atau perubahan antara dua nilai atau kondisi, seperti selisih antara nilai yang diharapkan dengan nilai aktual, selisih antara dua data pengukuran, atau selisih antara dua periode waktu [20]. Berikut ini rumus dari perhitungan selisih:

$$\text{Selisih} = (\text{pembacaan nilai sensor} - \text{pembacaan alat ukur}) \quad (2.3)$$

2) Error

Error adalah perbedaan antara nilai yang diukur atau diperkirakan dengan nilai sebenarnya atau yang diharapkan. Dalam konteks pengukuran, error dapat didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai yang diukur dengan nilai sebenarnya atau nilai referensi yang diketahui. Error dinyatakan dalam bentuk persentase [20]. Berikut ini rumus dari persenstase error:

$$\text{Error} = \frac{\text{selisih pengukuran}}{\text{pembacaan alat ukur}} \times 100\% \quad (2.4)$$

3) Akurasi

Akurasi adalah kemampuan suatu sistem, instrumen, atau metode pengukuran dalam memberikan hasil yang mendekati nilai sebenarnya atau yang diharapkan. Dalam pengukuran, akurasi menggambarkan sejauh mana hasil pengukuran yang diberikan oleh instrumen atau sistem pengukuran dapat diandalkan dan tepat. Akurasi dinyatakan dalam persentase atau dalam bentuk nilai absolut [21]. Berikut ini rumus dari akurasi:

$$\text{Akurasi} = 100\% - \left(\frac{\text{pembacaan nilai sensor} - \text{pembacaan alat ukur}}{\text{pembacaan alat ukur}} \times 100\% \right) \quad (2.5)$$

2.2.10 *Quality of service Delay*

Quality of service (QOS) adalah metode pengukuran tentang kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan sebuah layanan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dari suatu layanan [22]. QOS memiliki beberapa manfaat kegunaan salah satunya untuk memaksimalkan performansi pada aplikasi terhadap *Delay*. *Delay* merupakan total waktu yang dilalui suatu paket dari pengirim ke penerima melalui jaringan. *Delay* dipengaruhi oleh jarak, media transmisi, dan noise [23].

2.2.10 Metode *Threshold* (Ambang Batas)

Metode *Threshold* merupakan metode yang digunakan untuk menentukan ambang batas dari suatu peristiwa. Dalam konteks ini, ambang (*threshold*) adalah nilai batas yang digunakan untuk memisahkan atau mengelompokkan data atau objek ke dalam dua kategori atau lebih berdasarkan apakah nilai data melebihi atau tidak mencapai ambang yang ditentukan. Nilai *Threshold* dapat ditetapkan dengan menentukan nilai maksimum dan menentukan nilai minimum dari data yang ada [25].