

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada tahun 2022, Aruna Karunika Rindra melakukan penelitian yang berjudul “Sistem Monitoring Level Ketinggian Air Pada Tandon Rumah Tangga Berbasis IoT”. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah alat prototipe untuk dapat memantau tingkat ketinggian air pada tandon rumah tangga menggunakan teknologi *Internet of things* (IoT). Prototipe ini memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai *input* untuk mengukur ketinggian air dan NodeMCU sebagai mikrokontroler. Melalui sistem pemantauan ketinggian air pada tandon ini, aplikasi *Blynk* digunakan sebagai *output* untuk memberikan notifikasi, hasil pemantauan, dan juga sebagai alat kontrol untuk mengoperasikan pompa air melalui smartpHone. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pemantauan ketinggian air pada tandon berhasil berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Ketika tingkat ketinggian air mencapai batas 20%, aplikasi *Blynk* akan mengirimkan notifikasi ke smartpHone pengguna untuk memberitahu kondisi ini. Pengguna kemudian dapat memilih untuk menggunakan air yang tersisa atau mengisi air tandon hingga batas 20% dengan menekan tombol ON pada aplikasi *Blynk*. Selain itu, relay pada prototipe juga akan aktif secara otomatis dan mengaktifkan pompa air untuk mengisi tandon air sesuai dengan kebutuhan pengguna. Dengan demikian, sistem ini memberikan kemudahan dan kendali bagi pengguna dalam memantau dan mengelola tingkat air pada tandon rumah tangga mereka [5].

Pada tahun 2019, Siti Zahrina Jasmine melakukan penelitian yang berjudul "Rancang Bangun Tandon Otomatis Dengan Sistem Monitoring SMS *Gateway* Berbasis Arduino". Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah alat pengisian tandon air otomatis yang dilengkapi dengan sistem pemantauan melalui SMS *gateway*, yang dapat memberikan informasi yang berguna kepada pengguna tentang proses pengisian tandon air. Alat ini dirancang menggunakan *platform* Arduino untuk mengendalikan sistemnya. Untuk mengukur ketinggian air, digunakan sensor Ultrasonic HC-SR04, dan untuk mencatat volume air digunakan *Water Flow sensor*. Hasil pemantauan ketinggian air akan ditampilkan pada layar

LCD. Selain itu, digunakan modul SIM800L yang berfungsi sebagai SMS *gateway* untuk memberikan informasi kepada pengguna tentang kondisi tandon air. Melalui SIM800L, alat ini dapat mengirimkan pesan SMS ke pengguna untuk memberitahu apakah tandon dalam keadaan penuh atau kosong. Informasi lainnya yang juga akan ditampilkan pada ponsel pengguna adalah terkait volume air dan ketinggian air dalam tandon. Dengan adanya sistem monitoring SMS *gateway* ini, pengguna dapat dengan mudah memantau dan mengetahui status tandon air, serta mendapatkan informasi yang relevan untuk penggunaan air secara efisien [6].

Pada tahun 2021, Muhammad Arya Delwizar melakukan penelitian dengan judul "Perancangan Prototipe Sistem Monitoring Kejernihan Air Dengan Sensor *Turbidity* Pada Tandon Berbasis IoT". Penelitian ini bertujuan untuk membantu masyarakat yang menyimpan air dalam tandon sebagai cadangan air bersih yang dapat digunakan kapan pun diperlukan. Penelitian ini khususnya relevan untuk kota-kota besar yang sering mengalami tingkat curah hujan tinggi yang dapat menyebabkan air di sumur atau sumber air dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) menjadi keruh dan menyebabkan kekurangan air bersih. Dalam penelitian ini, digunakan sensor *Turbidity* SKU SEN0189 untuk mengukur kejernihan air dalam tandon dan sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur kapasitas air dalam tandon. Dengan memanfaatkan teknologi *Internet of things* (IoT), sistem monitoring diimplementasikan agar pengguna dapat dengan mudah memantau kondisi kejernihan air dan kapasitas air dalam tandon. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi yang relevan dan akurat tentang keadaan air dalam tandon kepada pengguna. Dengan sistem monitoring berbasis IoT ini, diharapkan masyarakat dapat lebih sadar tentang kejernihan air dan kapasitas tandon mereka, sehingga mereka dapat mengelola air dengan lebih efisien dan mengambil tindakan yang tepat jika diperlukan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan solusi untuk masalah kekurangan air bersih di kota-kota besar dengan memberikan akses informasi yang mudah dan dapat diandalkan untuk mengawasi kualitas air dalam tandon [7].

Pada penelitian tahun 2022 yang dilakukan oleh Alif Nur Islam Gemilang Rizki Hakiki dengan judul "Sistem Monitoring Real Time Salinitas Air Menggunakan Teknologi LoRa *Gateway*," tujuan utama penelitian ini adalah untuk

mengukur dan memberikan informasi tentang kadar zat terlarut dalam sumber air yang ada di sekitar masyarakat. Penelitian ini mengembangkan sebuah rancangan sistem alat pengukur kadar air yang menggunakan sensor TDS (*Total Dissolve Solid*) yang telah dikalibrasi. Sistem ini berbasis pemantauan dengan kemampuan menampilkan data secara real-time melalui teknologi IoT (*Internet of things*) dan menggunakan komunikasi nirkabel dengan jangkauan yang sangat luas. Salah satu teknologi yang digunakan adalah *Transceiver SX1276* atau dikenal sebagai modul *LongRange* (LoRa) untuk menyampaikan informasi kepada masyarakat sekitar. Pengujian teknologi ini dilakukan pada jarak maksimum 435 meter dalam kondisi *Non-Line of Sight* (NLOS) dengan rata-rata nilai RSSI -115dBm, SNR -10dB, dan ToA 1,25s. Selain itu, pengujian juga dilakukan pada jarak maksimum 840 meter dalam kondisi *Line of Sight* (LOS) dengan nilai RSSI -104dBm, SNR 8 dB, dan ToA 1,5s. Hasil pengujian menunjukkan kemampuan teknologi LoRa dalam mengirimkan data secara handal meskipun berada pada jarak yang jauh dan dalam kondisi non-line of sight. Dengan adanya sistem monitoring menggunakan teknologi LoRa ini, diharapkan masyarakat sekitar dapat dengan mudah mendapatkan informasi tentang kadar salinitas air secara *real-time*. Hal ini akan membantu masyarakat dalam memahami kualitas air yang mereka gunakan dan memungkinkan pengambilan tindakan yang tepat untuk menjaga kualitas air yang optimal [8].

Pada tahun 2022, Hanif Aditya Pemana melakukan penelitian yang berjudul “Sistem Monitoring pH dan Kekeruhan Akuarium Menggunakan Metode Regresi Linear”. Penelitian ini bertujuan untuk memantau dan menjaga kualitas air di akuarium, khususnya terkait nilai pH dan kekeruhan air. Nilai pH air yang optimal untuk akuarium ikan hias seharusnya berada pada kisaran lebih dari 7 namun kurang dari 8. Sementara nilai kekeruhan yang optimal seharusnya berada di bawah 25 NTU. Penelitian ini menggunakan pengendali NodeMCU ESP32 untuk mengendalikan perangkat-perangkat yang terhubung. Kemudian sensor pH mengukur nilai pH pada air dan sensor kekeruhan (*turbidity*) digunakan untuk mengukur nilai kekeruhan pada air. Selain itu, *buzzer* juga digunakan sebagai indikasi dan alarm untuk memberikan peringatan jika nilai pH atau kekeruhan tidak sesuai dengan batas yang ditetapkan. Nilai-nilai hasil pembacaan dari kedua

sensor tersebut akan ditampilkan pada perangkat LCD. Penelitian ini menggunakan metode regresi linear untuk mengetahui akurasi dari pembacaan sensor PH. Metode ini digunakan untuk memahami hubungan antara variabel pH yang diukur oleh sensor dengan nilai sebenarnya, sehingga dapat mengevaluasi sejauh mana pembacaan sensor pH dapat diandalkan dan akurat. Dengan menggunakan sistem monitoring yang dilengkapi dengan metode regresi linear ini, diharapkan kualitas air di akuarium dapat terjaga dengan baik. Pengguna dapat dengan mudah memantau nilai PH dan kekeruhan air secara *real-time* melalui tampilan pada LCD, serta mendapatkan peringatan melalui *buzzer* jika terdapat masalah dengan kualitas air di akuarium. Hal ini akan membantu pemeliharaan akuarium menjadi lebih efisien dan memastikan lingkungan yang sesuai untuk ikan hias yang hidup di dalamnya [9].

Penelitian pada tahun 2021, Wahyu Dewantoro melakukan penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Hias Air Tawar Berbasis IoT”. Penelitian ini bertujuan untuk mengawasi kualitas air dalam budidaya ikan hias air tawar, serta memungkinkan pemantauan data kualitas air jarak jauh dengan memanfaatkan teknologi *Internet of things* (IoT). Dalam pengembangan sistem pemeriksaan kualitas air untuk ikan hias air tawar berbasis IoT, penelitian ini menerapkan pendekatan PIECES dan metode prototipe pengembangan dan perencanaan dengan menggunakan diagram *Unified Modelling Language* (UML). Sistem monitoring ini dilengkapi dengan beberapa sensor, antara lain sensor pH 450 2C untuk mendeteksi nilai pH atau tingkat keasaman pada air akuarium atau kolam, kemudian suhu pada air akan diukur menggunakan sensor DS18B20, setelah itu untuk mengukur tingkat kekeruhan air digunakan sensor *turbidity* SEN0189. Sistem juga dilengkapi dengan *buzzer* yang berfungsi sebagai tindakan respons jika air dalam kolam atau akuarium menjadi keruh. Selain itu, dalam sistem ini terdapat relay yang berfungsi sebagai tindakan untuk mengaktifkan pompa pH ketika nilai pH air tidak optimal, baik untuk menaikkan atau menurunkan pH. Mikrokontroler ESP32 digunakan untuk mengolah data dari sensor-sensor tersebut dan mengirim data kualitas air melalui jaringan nirkabel. Data yang dikirim oleh ESP32 dapat diakses dan dimonitoring melalui aplikasi Android. Dengan sistem monitoring kualitas air berbasis IoT ini, diharapkan

pengawasan kualitas air dalam budidaya ikan hias air tawar dapat dilakukan dengan lebih efisien dan akurat. Selain itu, pengguna dapat dengan mudah mengakses data kualitas air dari jarak jauh melalui aplikasi Android, sehingga memudahkan pengelolaan dan pemeliharaan budidaya ikan hias [10]. Tabel 2.1 menunjukkan kajian Pustaka penelitian terkait.

Tabel 2. 1 Kajian Pustaka

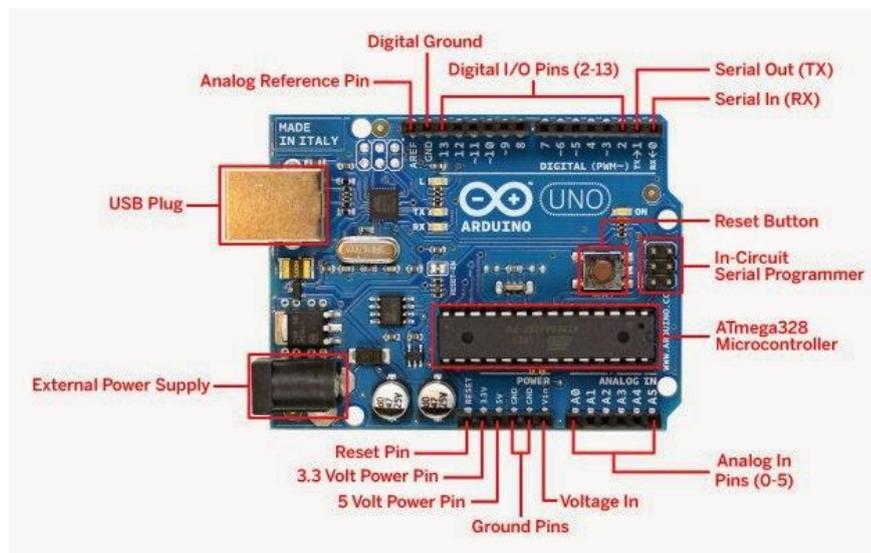
No	Nama Peneliti, Tahun dan Judul	Persamaan	Perbedaan	
			Penelitian Terdahulu	Rencana Penelitian
1	(Aruna Karunika Rindra. 2022) Sistem Monitoring Level Ketinggian Air Pada Tandon Rumah Tangga Berbasis IOT.	Memonitoring level ketinggian air pada tandon menggunakan sensor ultrasonik.	Memonitoring menggunakan aplikasi <i>bylnk</i>	Memonitoring menggunakan <i>website</i> antares
2	(Siti Zahrina Jasmine. 2019) Rancang Bangun Tandon Otomatis Dengan Sistem Monitoring Sms <i>Gateway</i> Berbasis Arduino.	Memonitoring level ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik.	Menggunakan SIM 800L sebagai pemberi notifikasi ke pengguna.	Menggunakan <i>website</i> antares dan <i>buzzer</i> sebagai pemberi notifikasi ke pengguna.
3	(Muhammad Arya Delwizar. 2021) Perancangan Prototipe Sistem Monitoring Kejernihan Air Dengan Sensor Turbidity Pada Tandon Berbasis IoT.	Memonitoring pH dan ketinggian air pada tandon.	Menggunakan <i>Wemos D1 R2</i> sebagai mikrokontroler dan sensor ultrasonik HC SR04 sebagai sensor pengukur ketinggian.	Menggunakan Arduino R3 sebagai mikrokontroler dan sensor ultrasonik JSN SR04T sebagai sensor pengukur ketinggian.
4	(Alif Nur Islam Gemilang Rizki Hakiki. 2022) Sistem Monitoring Real Time Salinitas Air Menggunakan Teknologi Lora <i>Gateway</i> .	Mengimplementasikan Metode lora <i>gateway</i> dan melakukan pengukuran <i>QoS</i> .	Menggunakan <i>Transceiver SX1276</i> sebagai <i>gateway</i> untuk mengirimkan data.	Menggunakan <i>LoRa Shield Dragino 915 Mhz</i> sebagai <i>gateway</i> untuk mengirimkan data .
5	(Hanif Aditya Pemanan. 2022) Sistem Monitoring pH dan Kekeruhan Akuarium Menggunakan Metode Regresi Linear.	Mengukur pH air dan melakukan pengujian <i>QoS</i> .	Menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai pengirim data.	Menggunakan <i>LoRa Shield Dragino 915 Mhz</i> sebagai pengirim data.
6	(Wahyu Dewantoro. 2021) Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air	Menggunakan Sensor pH 450 2C untuk mengukur	Menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai	Menggunakan <i>LoRa Shied Dragino 915</i>

No	Nama Peneliti, Tahun dan Judul	Persamaan	Perbedaan	
			Penelitian Terdahulu	Rencana Penelitian
	Pada Budidaya Ikan Hias Air Tawar Berbasis IoT.	kualitas air dan <i>buzzer</i> sebagai bunyi peringatan.	pengirim data dan aplikasi android .	Mhz sebagai pengirim data dan <i>website</i> antares.

2.2 LANDASAN TEORI

2.2.1 Arduino Uno R3

Arduino Uno merupakan papan mikrokontroler dengan *chip* Atmega328 yang dilengkapi dengan 14 pin *input/output* digital, 6 pin diantaranya bisa digunakan sebagai *output* PWM, 6 pin *input* analog, osilator 16 MHz, konektor USB, konektor power, *header* ICSP, dan juga tombol *reset*. Hal tersebut adalah semua yang diperlukan untuk mendukung sebuah rangkaian mikrokontroler [11]. Gambar 2.1 menunjukkan rangkaian arduino uno.



Gambar 2. 1 Arduino Uno R3 [11]

Sejak dipublikasikan hingga sekarang ini, Arduino telah mencapai versi tiga (R3). Berikut ini penjelasannya.

- Pada versi awal Arduino Uno, tidak digunakan *chip driver* USB to serial FTDI. Sebaliknya, Arduino mengadopsi pendekatan dengan menggunakan Atmega16U2 (atau Atmega8U2 pada v R2) yang sudah dapat mengkonversi port USB ke bentuk serial.

- Untuk Arduino Uno R2, dilengkapi dengan resonator dan terhubung pada jalur 8U2 HWB ke *ground*, memudahkan masuk ke mode DFU.
- Sementara pada Arduino Uno versi tiga (R3), terdapat beberapa peningkatan, seperti adanya pin SDA, SCL, dan IOREF, rangkaian *reset* yang lebih kuat, dan digantinya Atmega 16U2 dengan 8U2.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino R3 [11]

Mikrokontroler	Atmega328
Operasi Tegangan	5 Volt
Rekomendasi Tegangan	7 – 12 Volt
Batas Tegangan	6 – 20 Volt
Pin I/O Digital	14
Pin Analog <i>Input</i>	6
Arus Pada Pin Digital	40 mA
Arus pada pin 3,3	50 mA
Memori Flash	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHZ
Panjang	68,6 mm
Lebar	53,4 mm
Bobot	25

Pada tabel 2.2 menunjukkan spesifikasi Arduino R3. Cara untuk memberikan daya pada papan Arduino Uno dapat bervariasi, baik menggunakan adaptor AC atau DC, baterai, atau melalui kabel USB. Untuk menggunakan adaptor, Anda bisa mencolokkan port male adaptor berdiameter 2,1 mm pada *power jack* pada papan Arduino Uno. Sementara itu, baterai dapat digunakan dengan menyambungkan pin GND dan VIN pada konektor baterai. Pastikan tegangan yang diberikan pada papan Arduino berada dalam rentang 6-20 volt. Tegangan di bawah 7 volt mungkin akan menyebabkan papan tidak berfungsi dengan baik, sedangkan tegangan di atas 12 volt dapat membuat pengaturan tegangan menjadi terlalu panas dan merusak papan.

Papan Arduino Uno memiliki pin masukan dan keluaran yang dapat berfungsi sebagai digital dan analog. Setiap pin digital pada Arduino Uno dapat diatur sebagai *input* atau *output* menggunakan perintah *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Semua perintah tersebut beroperasi pada tegangan 5 volt. Selain

itu, papan juga dilengkapi dengan 6 pin *input* analog yang berlabel A0 hingga A5, di mana setiap pin analog memberikan resolusi sebesar 10 bit. [11].

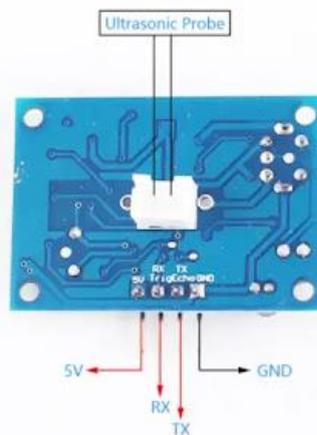
2.2.2 Ultrasonik JSN-SR04T

Ultrasonik JSN-SR04T merupakan sensor yang berfungsi untuk mengukur jarak yang tahan air dengan kemampuan mengukur jarak non-kontak dari 25 cm hingga 450 cm. Sensor ini menyerupai dengan sensor yang ada di bumper mobil. Sensor ini beroperasi pada tegangan operasi 4,5 V hingga 5,5 V DC, walaupun biasanya sensor ini bekerja pada operasi 5 V DC dengan arus maksimum 30 mA. Sensor ini memiliki kesamaan dengan sensor ultrasonik HC-SR04, namun perbedaannya terletak pada fitur kelebihan *waterproof* yang memungkinkan penggunaan di lingkungan yang lembab atau basah . Gambar 2.2 menunjukkan Sensor Ultrasonik JSN-SR04T.



Gambar 2. 2 Ultrasonik JSN-SR04T [3]

Keunggulan menggunakan sensor ultrasonik ini terdapat pada kemampuannya dalam mendeteksi lokasi elemen dengan penginderaan dari jarak jauh pada berbagai sirkuit kontrol. Sensor ini termasuk dalam kelas industri untuk pengukuran jarak dan berfungsi seperti transduser ultrasonik lainnya, tetapi menonjol dengan performa yang lebih unggul serta kemampuannya bertahan di medan yang sulit dan tahan air. Selain itu, mengintegrasikan sensor ini ke dalam Arduino sangatlah sederhana., sehingga penggunaan dan aplikasinya menjadi lebih praktis dan efisien.



Gambar 2. 3 Konfigurasi Pin Sensor Ultrasonik JSN-SR04T [3]

Gambar 2.3 menunjukkan konfigurasi pin sensor ultrasonik yaitu:

Pin 1 (5V): Merupakan pin yang menyediakan catu daya positif untuk sensor.

Pin 2 (Trig): Berfungsi sebagai pin *input* sensor, yang diberi sinyal tinggi selama 10 mikrodetik untuk memulai pengukuran dengan mengirimkan gelombang ultrasonik.

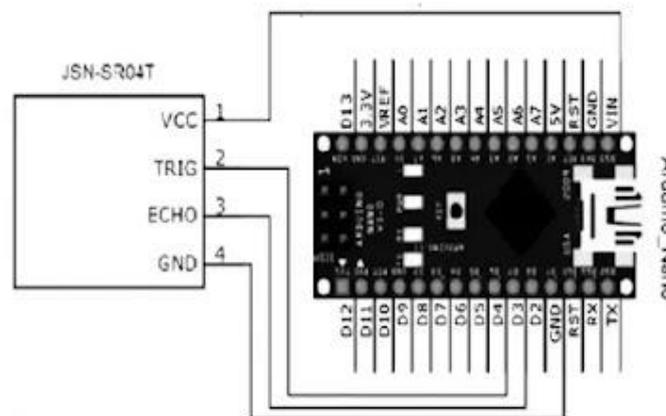
Pin 3 (Echo): Berperan sebagai pin *output* sensor, yang tetap tinggi selama periode tertentu dan nilainya sama dengan waktu yang dibutuhkan gelombang ultrasonik untuk kembali ke sensor.

Pin 4 (GND): Merupakan pin *ground* yang terhubung ke *ground* sistem.

Cara kerja sensor ultrasonik JSN-SR04T hampir mirip dengan sensor HC-SR04. Perbedaannya terletak pada sensor JSN-SR04T yang memiliki satu transduser yang terhubung dengan kabel panjang 2,5 meter. Modul sensor ini terdiri dari dua bagian terpisah, yaitu transduser sebagai elemen penginderaan dan papan kontrol. Sensor beroperasi berdasarkan rumus sederhana yang telah ditentukan untuk mengukur jarak dan mendeteksi objek berdasarkan gelombang ultrasonik yang dipancarkan dan dipantulkan kembali ke transduser. Dengan menggunakan teknologi ini, sensor JSNSR04T dapat berfungsi dengan baik bahkan dalam kondisi tahan air, memungkinkan penggunaannya di berbagai aplikasi seperti navigasi kapal, sistem keamanan, dan banyak lagi.

$$\text{Jarak (S)} = \text{Kecepatan (V)} \times \text{Waktu (T)} \quad 2.1$$

Sensor ultrasonik beroperasi dengan mengirimkan gelombang ultrasonik melalui pemancar ultrasonik. Gelombang ultrasonik mengirim sinyal dengan merambat melalui udara dan saat bertemu dengan benda, akan dipantulkan menuju sensor. Modul penerima ultrasonik mengamati dan mengukur gelombang pantul tersebut. Dengan menggunakan rumus yang menggabungkan kecepatan gelombang ultrasonik pada suhu kamar (330 m/s) dan waktu yang diketahui, jarak dari sensor dengan benda atau objek dapat diukur. Sensor ini memiliki konfigurasi pin dan prinsip kerja yang menyerupai sensor jarak HC-SR04, sehingga dapat dihubungkan dengan berbagai mikrokontroler seperti ARM, Arduino, Raspberry Pi, PIC, dan sejenisnya. Untuk mengaktifkan sensor ultrasonik JSNSR04T, cukup berikan suplai tegangan positif 5V melalui pin VCC dan sambungkan pin *ground* untuk menghubungkannya ke *ground* sistem [3]. Gambar 2.4 menunjukkan konfigurasi pin out sensor Ultrasonik JSN-SR04T.



Gambar 2. 4 Konfigurasi Pin out JSN-SR04T [3]

Modul ini memiliki rangkaian sensor yang terpadu untuk menghitung waktu tempuh gelombang ultrasonik hingga kembali dan mengaktifkan pin echo dalam keadaan tinggi untuk waktu yang sama. Proses ini penting karena dapat memberikan informasi tentang waktu yang diperlukan untuk keseluruhan proses. Selanjutnya, untuk menghitung jarak, mikroprosesor atau mikrokontroler dapat digunakan sebagai bagian dari sistem ini [3].

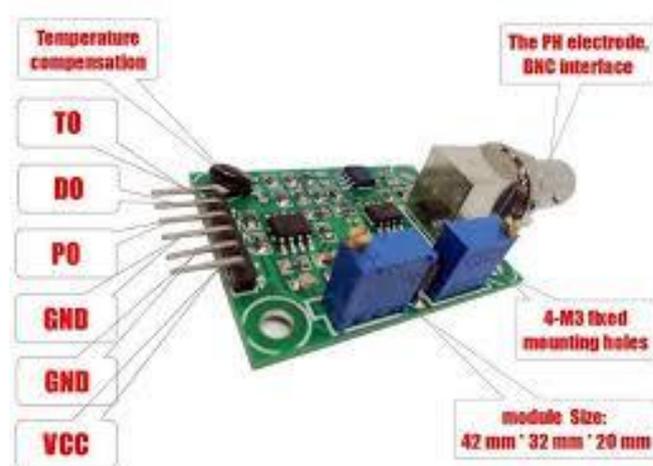
2.2.3 Sensor pH 450 2C

Sensor pH adalah perangkat elektroda gelas dengan gelembung gelas sensitif di ujungnya dan larutan klorida sebagai referensi pH. Sensor ini memiliki

modul akuisisi data yang berfungsi mengubah keluaran sensor menjadi tegangan pada pin analog, di mana tegangan tersebut berhubungan dengan kadar asam pH air yang diukur. Modul ini terjangkau secara harga dan menawarkan tingkat akurasi yang baik. Sensor pH model pH 450 2C dikhususkan untuk mikrokontroler Arduino serta dilengkapi dengan koneksi dan fitur yang sederhana, nyaman, dan praktis. LED berfungsi sebagai penunjuk daya dan indikator over range, sementara konektor BNC menyertai perangkat tersebut. Untuk mengoperasikannya, cukup menghubungkan probe pH ke konektor BNC dan menyambungkan antarmuka PH 450 2C ke port *input* analog pengontrol Arduino yang digunakan [12]. Gambar 2.5 menunjukkan Sensor pH 450 2C.



Gambar 2. 5 Sensor pH 4502C [12]



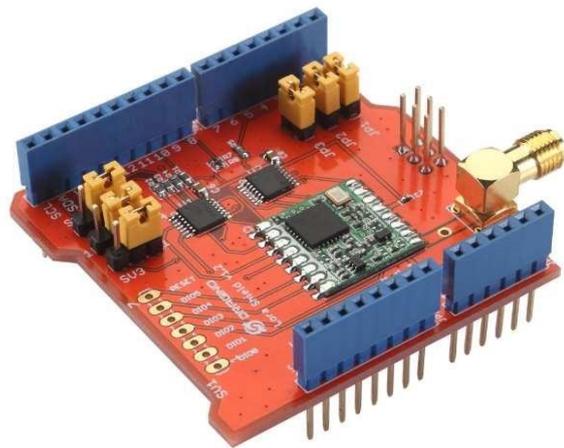
Gambar 2. 6 Pin-pin Koneksi [12]

Gambar 2.6 menunjukkan pin-pin koneksi sensor pH 450 2C. Berikut adalah spesifikasi dari modul pH 450 2C.

- Tegangan Operasi : 5.00V
- Ukuran modul : 43mm×32mm
- Rentang pengukuran : 0-14PH
- Rentang temperatur : 0-60 °C
- Akurasi : $\pm 0.1\text{pH}$ (25 °C)
- Waktu Respon : $\leq 1\text{min}$
- pH Sensor dengan BNC Connector
- pH2.0 Interface (3 foot patch)
- Potensiometer pengatur penguat
- Lampu indikator LED
- Panjang kabel dari sensor ke konektor BNC : 660mm

2.2.4 LoRa Shield Dragino 915 MHZ

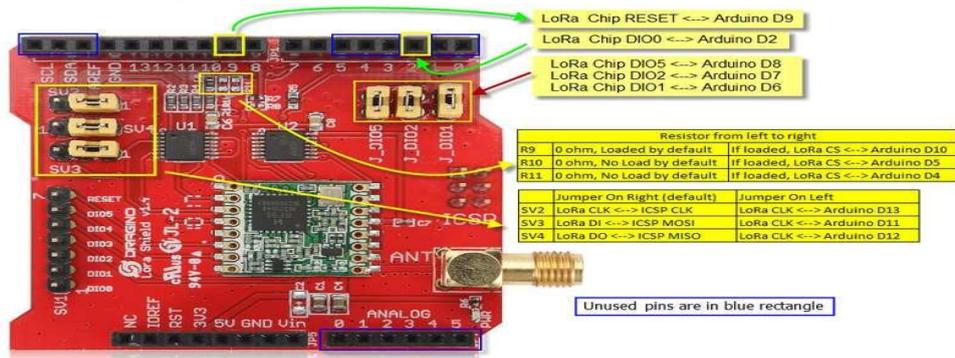
Shield Dragino adalah perangkat LoRa yang dikembangkan oleh *Dragino* dan dirancang khusus untuk digunakan dengan papan Arduino, menggunakan protokol SPI. Perangkat ini memungkinkan pengguna untuk mentransmisikan dan menerima informasi dalam jarak jauh menggunakan rasio data yang kecil. Terlebih lagi, *Shield Dragino* telah dipasang dengan teknologi spread spectrum yang berfungsi untuk meningkatkan stabilitas sinyal dan melindungi perangkat dari interferensi yang berpotensi mempengaruhi kualitas transmisi data. Pada perangkat *Shield Dragino*, terdapat *chip SX127x* yang merupakan *chip* LoRa buatan Semtech, yang telah digunakan dalam berbagai perangkat LoRa lainnya. SX127x digunakan dalam berbagai. *Shield Dragino* memberikan sensitivitas hingga -148 dBm. Kombinasi sensitivitas tinggi ini dapat memiliki penguat hingga +20 dBm sehingga menciptakan link budget bagus. Hal ini memungkinkan *Shield Dragino* mencakup jarak yang jauh dan luas, serta kemampuan mengatasi interferensi data dengan baik. Selain itu, *Shield Dragino* juga dapat menggunakan modulasi *frequency shift keying*, sehingga memungkinkan komunikasi dengan berbagai perangkat yang menggunakan modulasi yang serupa [13]. Gambar 2.7 menunjukkan Rangkaian *Shield Dragino*.



Gambar 2.7 Shield Dragino untuk Arduino [13]

Berikut gambar menunjukkan Spesifikasi LoRa *Shield Dragino*.

Pin Mapping For LoRa



Gambar 2.8 Keterangan pin out Shield Dragino [13]

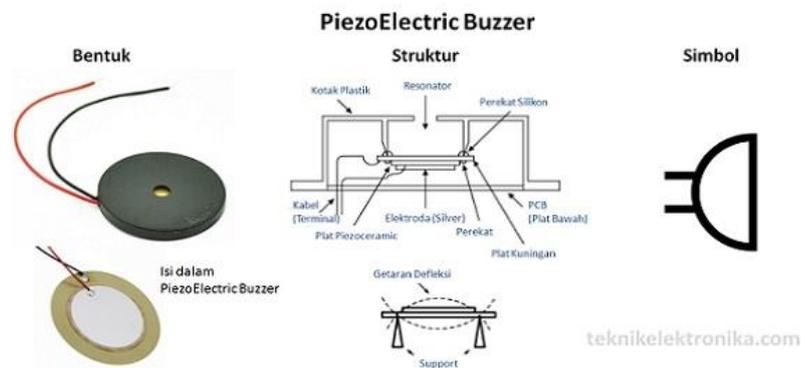
Gambar 2.8 menunjukkan keterangan pin out *Shield Dragino* yang digunakan oleh *Shield Dragino* untuk beroperasi. Selain itu, terdapat juga beberapa pin I/O yang tidak digunakan (*unused pin*). Pin-pin tersebut dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain, misalnya untuk menambahkan sensor tambahan. Berikut adalah beberapa spesifikasi dari *Shield Dragino*:

- *Link budget* maksimum mencapai 168 dB.
- Mendukung tiga pilihan frekuensi band: 915 MHz, 868 MHz, dan 433 MHz (sebelumnya sudah dikonfigurasi).
- Arus penerimaan (receive current) sebesar 10,3 mA.
- Sensitivitas mencapai -148 dBm.
- Daya transmisi 100 mW pada level 20 dBm.

2.2.5 Buzzer Piezo Active SFM-27

Buzzer elektronika merupakan sebuah komponen elektronik yang memiliki kemampuan untuk mengkonversi sinyal listrik menjadi getaran, sehingga menghasilkan suara. Ketika *buzzer* elektronika diberikan tegangan listrik dengan tingkat tertentu sesuai spesifikasi, maka akan menghasilkan getaran suara. Secara umum, *Buzzer* ini dimanfaatkan sebagai alarm karena kepraktisannya, hanya memerlukan tegangan *input*, dan mampu menghasilkan suara yang terdengar oleh manusia.

Secara prinsip, setiap *buzzer* elektronika membutuhkan sumber *input* tegangan listrik untuk menghasilkan gelombang suara atau bunyi dengan frekuensi sekitar 1 hingga 5 KHz. Salah satu jenis *buzzer* elektronika yang populer dalam rangkaian adalah *buzzer Piezoelectric*. *Buzzer* ini memiliki beberapa keunggulan, termasuk harga yang lebih terjangkau, bobot yang relatif lebih ringan, dan kemudahan penggunaan saat diaplikasikan dalam rangkaian elektronika [14]. Gambar 2.9 menunjukkan struktur *Piezo Electric Buzzer*.



Gambar 2. 9 Struktur *Piezo Electric Buzzer* [14]

Secara umum, *Buzzer* Elektronika menunjukkan kesamaan bentuk dengan loudspeaker, namun memiliki fungsi yang lebih sederhana. Beberapa fungsi dari *buzzer* elektronika adalah sebagai berikut:

- Suara bel rumah
- Alarm pada berbagai peralatan
- Suara peringatan mundur pada truk
- Komponen rangkaian anti maling
- Indikator suara untuk tanda bahaya atau lainnya
- Penggunaan sebagai timer

Secara umum prinsip kerja *buzzer* mirip dengan loudspeaker, di mana *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang saling terhubung. Ketika kumparan tersebut dialiri listrik, ia berubah menjadi elektromagnet dan menyebabkan diafragma tertarik ke dalam atau ke luar tergantung pada arah arus dan polaritas magnet. Karena kumparan terhubung dengan diafragma, setiap kumparan akan mendorong diafragma secara bolak-balik, sehingga menyebabkan getaran di udara yang menghasilkan suara.

Namun, jika dibandingkan dengan loudspeaker, *buzzer* elektronika jauh lebih mudah untuk digerakkan. Sebagai contoh, *buzzer* elektronika dapat langsung diaktifkan dengan memberikan tegangan listrik pada tingkat tertentu untuk menghasilkan suara. Berbeda dengan loudspeaker, yang memerlukan rangkaian penguat khusus agar speaker dapat digerakkan dan menghasilkan suara yang terdengar oleh manusia [14]. Gambar 2.10 menunjukkan *Buzzer Piezo Active SFM-27*.



Gambar 2. 10 *Buzzer Piezo Active SFM-27* [14]

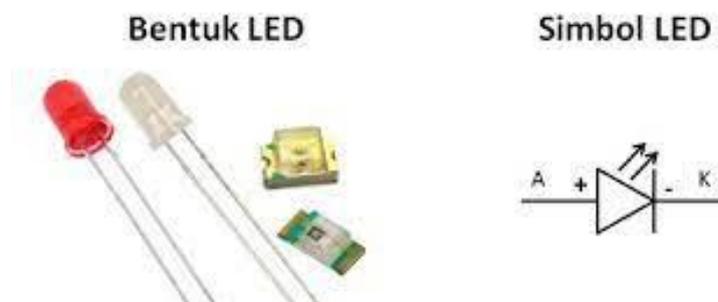
2.2.6 LED

Light Emitting Diode (LED), juga dikenal sebagai LED, adalah sebuah komponen elektronika yang mampu memancarkan cahaya monokromatik saat diberikan tegangan maju. LED termasuk dalam keluarga dioda dan terbuat dari bahan semikonduktor. Warna cahaya yang dipancarkan oleh LED bervariasi sesuai dengan jenis bahan semikonduktor yang digunakan. Selain itu, LED juga mampu memancarkan sinar inframerah yang tidak terlihat oleh mata manusia, seperti yang sering digunakan pada *remote control* TV atau perangkat elektronik lainnya. Keunggulan teknologi LED meliputi tidak menghasilkan panas berlebih, memiliki umur yang lebih lama, tidak mengandung bahan berbahaya seperti merkuri, hemat

energi, dan bentuknya yang kecil, sehingga semakin populer dalam bidang teknologi pencahayaan. Banyak produk yang menggunakan cahaya LED sebagai sumber pencahayaan. LED akan mengeluarkan cahaya ketika dialiri dengan tegangan maju dari anoda ke katoda, yang merupakan proses transduser yang umum digunakan [15].

- Cara Kerja LED (*Light Emitting Diode*)

LED adalah salah satu jenis dioda yang terbuat dari semikonduktor. Prinsip kerjanya hampir sama dengan dioda, memiliki dua kutub yaitu positif (P) dan negatif (N). LED akan memancarkan cahaya hanya ketika dialiri tegangan maju (*bias forward*) dari anoda ke katoda. LED terdiri dari *chip* semikonduktor yang telah di-doping untuk membentuk junction P dan N. Doping dalam semikonduktor adalah proses penambahan ketidakmurnian untuk menciptakan karakteristik listrik yang dibutuhkan. Saat LED pada kondisi bias forward dari anoda (P) ke katoda (N), cahaya akan dipancarkan [15]. Gambar 2.11 menunjukkan bentuk dan simbol LED [15].



Gambar 2. 11 Bentuk dan Simbol LED [15]

2.2.7 LCD 16x2

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah jenis media tampilan yang sangat populer dalam perangkat teknologi saat ini. Teknologi ini menggunakan kristal cair sebagai elemen utamanya, yang memungkinkan tampilan yang jernih dan tajam. LCD telah banyak digunakan dalam berbagai bidang, seperti perangkat elektronik seperti televisi, kalkulator, dan layar komputer. LCD yang sering digunakan adalah tipe dot matriks dengan ukuran 2 x 16 karakter. Fungsinya sebagai penampil untuk menampilkan status kerja perangkat. Biasanya, modul LCD dikendalikan secara

paralel untuk jalur data dan kontrolnya [16]. Gambar 2.12 menunjukkan LCD I2C 16X2.



Gambar 2. 12 LCD I2 C 16X2 [16]

LCD 16x2 memiliki banyak pin, tetapi penggunaannya dapat dihemat dengan menggunakan modul PCF8574. Modul ini memungkinkan pin yang digunakan oleh LCD 16x2 dapat dikonfigurasi atau dihubungkan ke mikrokontroler. Pada board modul PCF8574 terdapat empat pin yang perlu dihubungkan, yaitu GND, VCC, SDA, dan SCL. Pin ini akan terhubung ke mikrokontroler melalui jalur komunikasi I2C. Tabel 2.3 menunjukkan pin-pin LCD [16].

Tabel 2. 3 Pin-Pin LCD [16]

<i>Pin</i>	<i>Symbols and functions</i>
1	Ground
2	VCC (+5)
3	Contrast Adjust
4	(Register Select) □ 0 = instruction input / 1 = Data input
5	(Read/Write) □ 0 = Write to LCD Module / 1 = Read from LCD module
6	(E) □ Enable Signal
7	(DB0) □ Data Pin 0
8	(DB1) □ Data Pin 1
9	(DB2) □ Data Pin 2
10	(DB3) □ Data Pin 3
11	(DB4) □ Data Pin 4
12	(DB5) □ Data Pin 5
13	(DB6) □ Data Pin 6
14	(DB7) □ Data Pin 7

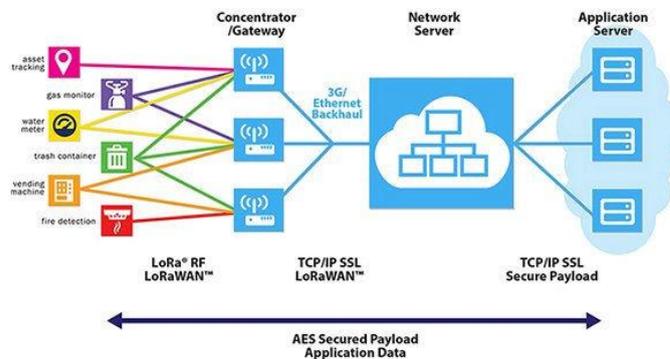
<i>Pin</i>	<i>Symbols and functions</i>
15	(VB+) □ <i>Back Light (+5V)</i>
16	(VB-) □ <i>Back Light (GND)</i>

2.2.8 LoRaWAN (Long Range Wide Area Network)

LoRaWAN merupakan sebuah bentuk jaringan telekomunikasi nirkabel yang didesain secara khusus untuk menunjang komunikasi jarak jauh dengan kecepatan bit yang rendah. Jenis jaringan ini mampu diterapkan dalam komunikasi yang meliputi wilayah yang luas, dan beroperasi dengan menggunakan perangkat end device. Protokol LoRaWAN merupakan bagian dari *Low Power Wide Area Networking* (LPWAN) yang beroperasi di atas teknologi LoRa. LoRaWAN memiliki spesifikasi yang terbuka sehingga siapa saja dapat mengatur dan mengoperasikan jaringan LoRa. LoRa merupakan sebuah teknologi nirkabel yang beroperasi pada frekuensi audio dan bekerja dalam spektrum frekuensi radio yang tidak memerlukan lisensi. LoRa menggunakan teknik modulasi spektrum spread untuk mendukung komunikasi jarak jauh dengan menggunakan bandwidth yang terbatas. Dengan mengirimkan data melalui gelombang pita sempit yang memiliki frekuensi pusat, teknologi ini menunjukkan kekuatan dan ketahanan yang tinggi terhadap gangguan. [17].

LoRaWAN menggunakan topologi '*star to star*' yang memungkinkan perangkat beroperasi dengan daya baterai lebih tahan dengan topologi mesh network. Dalam arsitektur LoRaWAN, perangkat tidak terikat dengan *gateway* tertentu, sehingga data yang dikirim oleh perangkat akan diterima oleh beberapa *gateway* dalam jangkauan jaringan LoRa. Setiap *gateway* akan meneruskan paket data dari perangkat ke server jaringan yang berada di *cloud* melalui berbagai saluran backhaul seperti ethernet, wifi, satelit, atau seluler. Pengolahan data dilakukan di level server jaringan yang bertugas mengatur jaringan, menyaring paket data, melakukan pemeriksaan keamanan, menjadwalkan ACK (*acknowledgments*), dan mengatur *adaptive data rate* (ADR). Fitur utama LoRaWAN adalah kemampuan handover antar *gateway* yang tidak diperlukan ketika perangkat bergerak. Ini menjadi sangat penting untuk mendukung aplikasi LoRaWAN seperti pelacakan aset (*asset tracking*), yang merupakan salah satu tujuan utama dari *Internet of things*

(IoT) di bidang LoRaWAN [17]. Gambar 2.13 menunjukkan arsitektur protokol LoRaWAN.



Gambar 2. 13 Arsitektur Protokol LoRaWAN [17]

2.2.9 Modul Step Down LM2596

StepDown LM2596 DC-DC adalah konverter penurun tegangan yang berfungsi mengubah tegangan masukan DC menjadi tegangan DC yang lebih rendah. Modul ini menggunakan IC LM2596, sebuah sirkuit terpadu yang berperan sebagai *step-down* DC converter dengan *current rating* 3A. IC LM2596 memiliki beberapa varian, yang dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok: versi *adjustable*, yang memungkinkan tegangan keluaran dapat diatur, dan versi *fixed voltage output*, yang memiliki tegangan keluaran yang sudah tetap. Modul *Step Down* ini merupakan komponen utama dalam rangkaian *Step Down DC Power Supply* dan menyediakan semua fungsi aktif untuk regulator *switching step-down* (*buck*) dengan arus beban maksimal hingga 3A. Gambar 2.14 menampilkan bentuk fisik dari *Modul Step Down* LM2596 [18]. Gambar 2.14 menunjukkan modul *Step Down* LM2596.



Gambar 2. 14 Modul Step Down LM2596 [18]

2.2.10 Arduino IDE

Arduino IDE merupakan singkatan dari *Integrated Development Environment*, yang merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan perangkat Arduino. Disebut sebagai lingkungan karena melalui perangkat lunak ini, pemrograman Arduino dapat dilakukan untuk mengatur fungsi-fungsi yang diinginkan melalui sintaks pemrograman. Arduino menggunakan bahasa pemrograman yang mirip dengan bahasa C, yang biasa disebut sebagai *Sketch*. Bahasa pemrograman Arduino (*Sketch*) telah disederhanakan agar lebih mudah dipahami oleh pemula. Sebelum dijual ke pasar, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan dengan program bernama *bootloader*, yang bertindak sebagai perantara antara compiler Arduino dan mikrokontroler untuk mempermudah proses pemrograman [19]. Gambar 2.15 menunjukkan tampilan *Software Arduino IDE*.



Gambar 2. 15 Software Arduino IDE [19]

2.2.11 Baterai

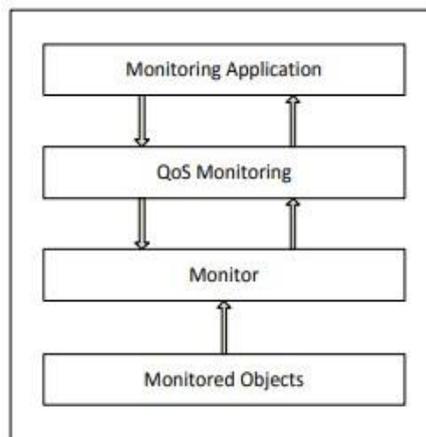
Baterai merupakan wadah atau alat yang mampu menyimpan energi listrik. Energi listrik tersebut dapat tersimpan pada baterai karena energi tersebut diubah ke dalam bentuk energi kimia. Baterai memiliki struktur katoda atau kutub positif, anoda atau kutub negatif, dan elektrolit sebagai penghantar. *Output* energi listrik dari baterai berupa arus searah (DC) atau *direct current*. Gambar 2.16 menunjukkan bentuk fisik dari baterai tipe 3.7V 18650 [20].



Gambar 2. 16 Baterai 3.7v 18650 [20]

2.2.12 *Quality Of Service (QoS)*

Quality of Service (QoS) adalah sebuah metode pengukuran yang digunakan untuk menilai kinerja sebuah jaringan dan bagaimana jaringan tersebut mampu memberikan layanan jaringan yang lebih baik untuk memenuhi kebutuhan suatu layanan. Tujuan dari QoS adalah untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat-sifat suatu server agar dapat memastikan layanan yang memadai. Model monitoring QoS terdiri dari tiga komponen utama, yaitu *application*, QoS monitoring, dan monitor [21]. Gambar 2.17 menunjukkan model monitoring QoS.



Gambar 2. 17 Model Monitoring QoS [21]

1. *Monitoring Application*

Monitoring application adalah antarmuka yang digunakan oleh administrator jaringan untuk mengumpulkan informasi tentang lalu lintas paket data dari monitor. Fungsinya adalah menganalisis data yang diterima dan mengirimkan hasil analisis kepada pengguna. Dengan informasi dari hasil analisis tersebut, seorang administrator jaringan dapat melakukan berbagai

operasi yang diperlukan untuk mengoptimalkan jaringan dan menjaga kinerja yang baik.

2. QoS Monitoring

QoS *monitoring* bertindak sebagai mekanisme untuk memantau kualitas layanan (QoS) dengan mengambil informasi mengenai nilai-nilai parameter QoS dari lalu lintas paket data. Ini berarti QoS monitoring mengawasi dan memantau kinerja jaringan, serta memperoleh data tentang aspek-aspek kualitas layanan seperti kecepatan transfer data, latensi, kehilangan paket, dan lainnya. Dengan data ini, dapat dilakukan evaluasi terhadap performa jaringan dan langkah-langkah perbaikan dapat diambil untuk meningkatkan kualitas layanan secara keseluruhan.

3. Monitor

Monitor bertugas menghimpun dan mencatat data lalu lintas paket, yang kemudian akan diteruskan kepada *monitoring application*. Dalam tugasnya, monitor melakukan pengukuran aliran paket data secara real-time dan melaporkan hasilnya kepada *monitoring application*. Proses ini memungkinkan *monitoring application* untuk mendapatkan informasi terkini tentang lalu lintas jaringan dan memberikan gambaran yang akurat mengenai kinerja jaringan. Dengan data yang diterima dari monitor, *monitoring application* dapat mengidentifikasi potensi masalah atau perubahan dalam lalu lintas jaringan, sehingga tindakan perbaikan atau pengaturan dapat segera diambil jika diperlukan.

4. Monitored Objects

Monitored objects adalah informasi yang termasuk atribut dan aktivitas yang diawasi dalam jaringan. Dalam QoS monitoring, informasi ini merujuk pada aliran paket data yang dipantau secara *real-time*. Jenis aliran paket ini dapat diidentifikasi melalui alamat sumber (*source*) dan tujuan (*destination*) pada lapisan IP, jenis port yang digunakan seperti UDP atau TCP, serta parameter lain yang terdapat dalam protokol RTP. Dengan mengawasi *monitored objects* ini, pengawas jaringan dapat memantau lalu lintas jaringan secara detail dan mendapatkan wawasan yang mendalam mengenai kualitas dan kinerja jaringan.

Terdapat parameter QoS sebagai pedoman dan acuan terhadap kualitas jaringan:

A. RSSI (*Receive Signal Strength Indicator*)

RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) merupakan parameter yang menggambarkan nilai kekuatan dari sinyal yang diterima. Nilai RSSI sangat dipengaruhi oleh kondisi sekitarnya, termasuk jarak dan penghalang seperti tembok di sekitarnya. Semakin jauh jaraknya pancar dan semakin banyak penghalang yang terdapat memungkinkan nilai RSSI menurun. Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi performansi dari teknologi LoRa, karena sinyal yang lemah atau terganggu dapat menyebabkan hilangnya data atau pengurangan jangkauan komunikasi. Monitoring nilai RSSI dengan cermat sangat penting dalam mengoptimalkan kinerja jaringan LoRa dan memastikan komunikasi yang handal dan stabil.

Berikut persamaan untuk mendapatkan nilai rata-rata RSSI :

$$RSSI = \frac{\text{Total Nilai RSSI yang diterima}}{\text{Jumlah sampai RSSI yang diterima}} \quad 2.2$$

B. SNR (*Signal Noise Ratio*)

Paket data yang diterima dari pengirim seringkali mengalami gangguan sinyal yang disebabkan oleh noise. Nilai SNR (*Signal-to-Noise Ratio*) mencerminkan perbandingan antara sinyal yang diinginkan dengan gangguan noise selama proses transmisi data. Semakin besar nilai SNR, semakin baik kualitas data yang diterima, karena menunjukkan bahwa sinyal yang diinginkan memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan noise yang mengganggu. Oleh karena itu, nilai SNR menjadi kriteria penting untuk menilai dan memahami kualitas data yang diterima dalam proses komunikasi, khususnya dalam teknologi transmisi data seperti LoRa. Rumus untuk menghitung nilai rata-rata SNR adalah :

$$SNR(dB) = \frac{\text{Total nilai SNR yang diterima}}{\text{Jumlah sample SNR yang dikirim}} \quad 2.3$$