

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pencemaran Sungai

Sungai adalah sumber air yang sangat penting bagi kehidupan manusia, terutama untuk keperluan cuci bahan pangan, peralatan makan, dan pakaian, serta untuk keperluan sanitasi lain seperti mandi dan sikat gigi. Namun, banyak sungai yang telah tercemar oleh aktivitas manusia dalam beberapa tahun terakhir. Sungai tercemar paling sering terjadi karena limbah industri, limbah rumah tangga, pertanian, dan pertambangan. Salah satu penyebab lain termasuk pembuangan sampah, aktivitas transportasi, perubahan alam, dan penggunaan bahan kimia. [10].

Kualitas air sungai dapat dinilai berdasarkan beberapa parameter fisika dan kimia, yang dapat menunjukkan adanya penurunan kualitas air. Hal ini dapat terlihat dari beberapa parameter kualitas air sebagai media sanitasi yang telah melampaui standar baku mutu yang telah ditetapkan dalam Permenkes No.32/2017. Menurut standar baku mutu Permenkes No.32/2017, suhu air sungai yang ideal sebagai media sanitasi berkisar $15,5^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$. Peningkatan suhu juga dapat menyebabkan terjadinya perubahan dekomposisi bahan organik oleh mikroba. Sedangkan penurunan suhu dapat menyebabkan adanya pertumbuhan bakteri mikroba dalam air. Kadar pH air sungai yang ideal sebagai media sanitasi berkisar 6,5-8,5. Semakin tinggi kadar pH maka air akan bersifat alkali dan semakin rendah kadar pH maka semakin asam kadar airnya. Perubahan keasaman air, baik ke arah alkali maupun asam, akan sangat mengganggu kehidupan ikan dan hewan air lainnya. Kadar kekeruhan air dapat dikategorikan menjadi air jernih dan ideal sebagai media sanitasi apabila nilai parameter NTU maksimal 25, pada rentang antara 25-50 dapat dikategorikan sebagai air keruh dan pada rentang >50 maka air dapat dikategorikan sebagai air yang sangat keruh [11]. Untuk lebih jelasnya, parameter kondisi sungai menurut baku mutu Permenkes No.32/2017 dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Parameter kondisi sungai Sebagai Media Sanitasi

Kadar pH	
pH	Keterangan
< 6,5	Kondisi air asam
6,5 – 8,5	Kondisi air batas normal dan ideal
> 8,5	Kondisi air alkali
Suhu	
°C	Keterangan
< 15,5 °C	Memicu tumbuhnya bakteri mikroba
15,5 – 35 °C	Kondisi suhu air sungai ideal
> 35 °C	Memicu perubahan dekomposisi oleh mikroba
Kekeruhan	
NTU	Keterangan
< 25	Air Jernih dan ideal
25-50	Air Keruh
>50	Air Sangat Keruh

2.2 Long Range (LoRa)

LoRa merupakan singkatan dari *Long Range*. LoRa adalah sebuah teknologi telekomunikasi berdaya rendah yang diperkenalkan oleh Semtech pada tahun 2013. LoRa memiliki kelebihan utama yaitu dapat memancarkan sinyal dengan cakupan wilayah yang luas walau hanya dengan memerlukan daya yang rendah [12]. Walaupun teknologi LoRa dapat memancarkan sinyal dengan cakupan wilayah yang luas dengan daya yang rendah, LoRa memiliki keterbatasan dalam jumlah data yang dapat dipancarkan. Sehingga perlu adanya proses pemilihan data sebelum dikirim menggunakan teknologi LoRa. Nilai frekuensi LoRa dibedakan berdasarkan wilayahnya. Frekuensi 433 MHz digunakan di Asia, 868 MHz di Eropa, dan 915 MHz di Amerika Utara. [13].

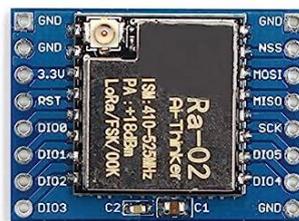
Perangkat LoRa digunakan sebagai media komunikasi data dua arah antara pemancar dengan penerima, pada umumnya jaringan LoRa merupakan sebuah komunikasi Peer to Peer dimana media transmisi yang digunakannya adalah udara dengan carriernya berupa sinyal radio. Jaringan LoRa menggunakan prinsip topologi peer to peer atau komunikasi dua arah, namun komunikasi pada jaringan LoRa hanya dapat digunakan secara bergantian.



Gambar 2.1 Topologi umum komunikasi Lora

2.2.1 Modul LoRa

Penelitian ini menggunakan modul LoRa berjenis LoRa SX1278, di mana modul ini adalah modul transceiver RF jarak jauh (LoRa) yang menggunakan jumlah daya yang sangat sedikit untuk mengirimkan data pada jarak hingga kurang lebih 10 km di area terbuka (LOS). Modul ini bekerja pada frekuensi 433 MHz hingga 525 MHz. Pada penelitian ini, LoRa SX1278 digunakan sebagai alat komunikasi yang berfungsi sebagai alat pemancar dan penerima dalam proses pengiriman data.



Gambar 2.2 LoRa SX1278

Tabel 2.2 Spesifikasi LoRa SX1278

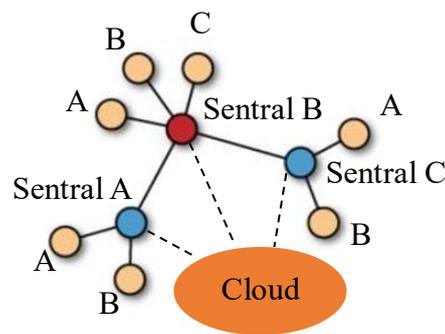
Tegangan operasional	1.8 – 3.7V
Temperature kerja	-40 - 80 °C
Frekuensi kerja	433 - 525 MHz
Jarak Komunikasi	± 10 KM
Dynamic range RSSI	127 dB

2.3 Internet Of Things (IoT)

IoT atau *Internet of Thing* diperkenalkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999. IoT merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk menghubungkan seluruh perangkat dan memungkinkan seluruh perangkat agar bisa berkomunikasi satu sama lain melalui internet. IoT memiliki unsur – unsur penting didalamnya, yaitu sensor, kecerdasan buatan, koneksi jaringan dan perangkat mikro. IoT bekerja

dengan menggunakan program yang setiap perintahnya dapat menghasilkan interaksi antar perangkat secara otomatis tanpa adanya intervensi pengguna. Faktor utama yang menjadi kunci kelancaran sebuah perangkat IoT adalah jaringan internet. IoT memiliki tiga manfaat, yaitu Efisiensi dalam pekerjaan dan aktivitas sehari – hari, dapat memonitor kegiatan secara praktis, konektivitas antar perangkat menjadi lebih mudah [14].

Prinsip kerja IoT pada umumnya menggunakan topologi tree sebagai konfigurasi, dimana level node tertinggi pada teknologi IoT adalah server, kemudian dibawahnya ada internet sebagai node tengahnya, kemudian user sebagai node terendahnya dimana sebuah user harus dapat mengakses sebuah internet yang kemudian internet akan menghubungkan antara user dengan server sebagai sentral utamanya.



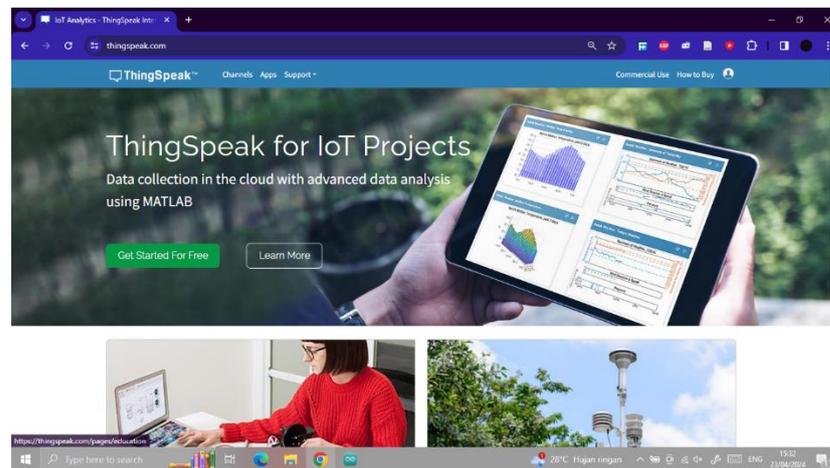
Gambar 2.3 Topologi umum komunikasi IoT

Untuk merancang sebuah sistem multisensor berbasis LoRa dan IoT, ada hal yang harus diperhatikan, mulai dari jumlah banyaknya sensor yang akan digunakan, hingga bagaimana cara data dari sensor akan dikirimkan melalui metode yang digunakan. Semakin banyak sensor yang digunakan, maka semakin besar data yang dihasilkan. Jika seluruh data sensor dikirim secara bersamaan melalui komunikasi LoRa yang memiliki keterbatasan pengiriman, maka akan menimbulkan kualitas pengiriman data yang buruk.

2.4 Thingspeak

ThingSpeak adalah sebuah platform *open source* yang menawarkan API dan aplikasi untuk melacak "*Internet of Things*". Aplikasi ini dapat menyimpan dan mengambil data dari benda-benda yang menggunakan HTTP yang terhubung

melalui jaringan internet atau jaringan lokal. Thingspeak dapat mengumpulkan data dari perangkat node sensor yang terhubung ke internet dan juga mengambil data dari perangkat lunak untuk visualisasi, notifikasi, kontrol, dan analisis data historis. Komponen utama ThingSpeak adalah saluran, yang memiliki bidang data, lokasi, dan status.

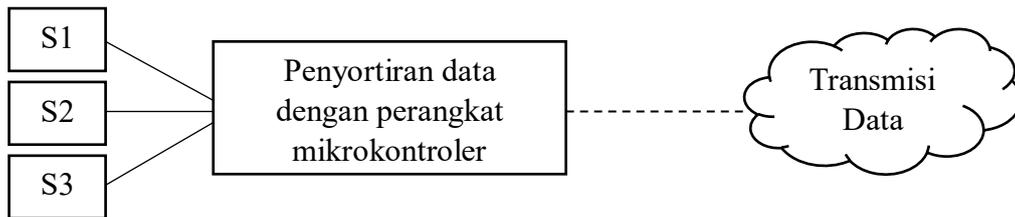


Gambar 2.4 Tampilan halaman thinkspeak

2.5 Edge Computing

Edge computing adalah sebuah proses yang mengurangi seminimal mungkin yang terjadi di *cloud* server dan proses tersebut dijalankan pada komputer lokal, hal ini bertujuan untuk mengurangi komunikasi data ke *cloud* server karena sebagian besar data diolah terlebih dahulu pada komputer lokal dan hanya data yang penting yang akan dikirim ke *cloud*. Proses komputasi edge berfokus untuk melakukan dan memproses lalu-lintas pada jaringan *Internet of Things* (IoT). Dalam edge computing, data akan disimpan sedekat mungkin dengan pusat data, yang memungkinkan proses lebih efisien dengan mengurangi latensi dan penggunaan bandwidth yang tidak diperlukan. [9].

Konfigurasi yang digunakan dalam metode ini adalah dengan cara menyortir data yang didapat dari hasil pembacaan setiap sensor sebelum akhirnya data tersebut dikirimkan melalui jaringan LoRa.



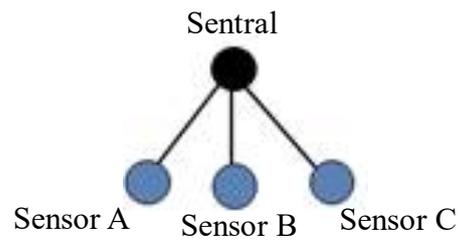
Gambar 2.5 Konfigurasi *edge computing*

2.6 Sensor

Sensor adalah perangkat atau alat yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur perubahan kondisi suatu besaran, seperti suhu, tekanan, cahaya, kelembaban, gerakan, atau komponen kimia. Sensor mengubah informasi fisik menjadi sinyal yang dapat dibaca oleh manusia atau perangkat elektronik untuk dapat dianalisis lebih lanjut. Sinyal yang dihasilkan oleh sensor biasanya berupa suatu besaran tertentu yang dapat diolah, ditampilkan, atau digunakan untuk mengontrol sistem lain.

2.6.1 *Multisensor*

Multisensor adalah perangkat sensor yang menggunakan lebih dari satu saluran sensor dalam interaksinya. Penggunaan sensor secara bersamaan memiliki dampak negatif pada saluran interaksi antara satu perangkat ke perangkat lain. Semakin banyak data sensor yang dikirim secara bersamaan, maka semakin besar *bandwidth* yang diperlukan antar perangkat. Selain itu, Multisensor memiliki dampak positif dalam komunikasi antar perangkat. Karena komunikasi antar perangkat akan semakin cepat dan akurat. Perangkat multisensor pada umumnya menggunakan prinsip topologi star, dimana setiap masing – masing sensor yang digunakan akan terhubung langsung ke node pusat berupa mikrokontroller yang kemudian data sensor tersebut akan diolah dan dipilih terlebih dahulu.



Gambar 2.6 Topologi umum pada multisensor

2.6.2 *Sensor Suhu DS18B20*

Sensor suhu DS18B20 adalah sensor suhu yang hanya membutuhkan satu pin jalur data untuk berkomunikasi dengan output digital dan cocok untuk pengukuran suhu di lingkungan basah karena memiliki sifat tahan air [15]. Fungsi sensor ini adalah untuk mendeteksi kondisi suhu pada air sungai.

Tabel 2.3 Spesifikasi sensor suhu DS18B20

Tegangan operasional	3.5 – 5V
Sensitivitas	-55°C - 125°C
Waktu respon	750ms
Akurasi	±0.5°C
Dimensi silinder	diameter 6mm tinggi 35mm
Diameter kabel	4mm



Gambar 2.7 Sensor Suhu DS18B20

2.6.3 *Sensor PH-4502C*

Sensor PH-4502C adalah sensor yang dapat mengukur kadar konsentrasi ion hidrogen dalam larutan dengan outputnya adalah sinyal

analog. Total skala Ph berkisar 1 sampai 14, dimana pH 7 adalah kondisi kadar pH netral, pH di bawah 7 adalah kondisi kadar pH asam, dan pH di atas 7 adalah kondisi kadar pH basa atau alkali. Fungsi pH sensor pada alat ini adalah untuk mengukur kadar pH yang ada pada air sungai.

Tabel 2.4 Spesifikasi sensor PH-4502C

Tegangan operasional	5V
Sensitivitas pH	pH 0- pH 14
Sensitivitas suhu	0 – 60 °C
Akurasi	±0.1pH
Waktu respon	≤1 min
Konektor	NBC Connector



Gambar 2.8 Sensor PH-4502C.

2.6.4 Analog Turbidity Sensor

Turbidity Sensor (Kekeruhan Air) adalah Sensor kekeruhan air yang digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air dengan mengukur transmisi cahaya dan tingkat penghamburan cahaya yang dapat berubah berdasarkan jumlah *Total Suspended Solids* (TSS). Tingkat kekeruhan cairan akan meningkat seiring dengan jumlah *Total Suspended Solids* (TSS) [16].

Tabel 2.5. Spesifikasi *turbidity* sensor

Tegangan operasional	5 V
Arus operasional	40 mA
Waktu Respons	< 500 mS
Output Analog	0 – 4.5V
Suhu operasional	5 – 90 °C

**Gambar 2.9** *Turbidity* sensor.

2.7 Arduino Nano

Arduino Nano adalah suatu papan sirkuit pengembang berukuran kecil yang didalamnya sudah tersedia mikrokontroler untuk mengendalikan alat – alat elektronika. IC yang digunakan pada arduino nano biasanya menggunakan atmega328 atau atmega168. Di dalam alat multisensor, arduino nano ini adalah komponen utama yang berfungsi untuk memproses dan mengolah data dari sensor yang diterima sebelum ditransmisikan melalui jaringan LoRa.

Tabel 2.6 Spesifikasi arduino nano

Tegangan Operasional	5V
Tegangan input yang disarankan	7 – 12V
Batas tegangan input	6 – 20V
Jumlah pin I/O digital	14 pin digital (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input analog	6 pin
Arus DC setiap pin	20 mA
SRAM	2 KB (atmega328)
EPROM	1 KB (atmega328)
Clock speed	16 MHz

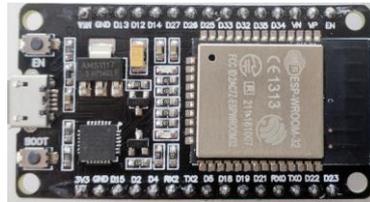
**Gambar 2.10** Arduino nano.

2.8 ESP32

ESP32 adalah sebuah mikrokontroler yang dikenalkan oleh Espressif System dan merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266 [17]. Prinsip kerja ESP32 sama seperti arduino, salah satu kelebihan yang dimiliki ESP32 adalah sudah terdapat WiFi dan *bluetooth* didalamnya, yang akan mempermudah dalam pembuatan sistem IoT yang memerlukan koneksi wireless. Pada penelitian ini, ESP32 berfungsi untuk memproses dan mengolah data pada bagian penerima dan juga sebagai perantara sebelum dikirimkan ke *cloud server*.

Tabel 2.7 Spesifikasi ESP32

Tegangan Operasional	3.3V
Tegangan input yang disarankan	7 – 12V
Digital I/O pin	25 pin
Analog input pin	6 pin
Analog output pin	2 pin
Arus DC setiap pin	80 mA
SRAM	520 KB
Flash memory	4 MB
Clock speed	240 MHz

**Gambar 2.11** ESP32.

2.9 LCD Display

LCD merupakan singkatan dari *Liquid Crystal Display*. LCD adalah sebuah komponen berupa *display* yang bisa kita isi dengan 32 karakter (16x2) dan 40 karakter (20x4). Maksud dari 16x2 dan 20x4 adalah jumlah baris dan kolom yang dapat digunakan. Untuk sekarang, LCD *Display* sudah dilengkapi dengan I2C yang merupakan sebuah modul yang berfungsi sebagai sinkronasi secara paralel untuk menghemat pin I/O yang digunakan pada mikrokontroler.

Tabel 2.8 Spesifikasi LCD *Display*

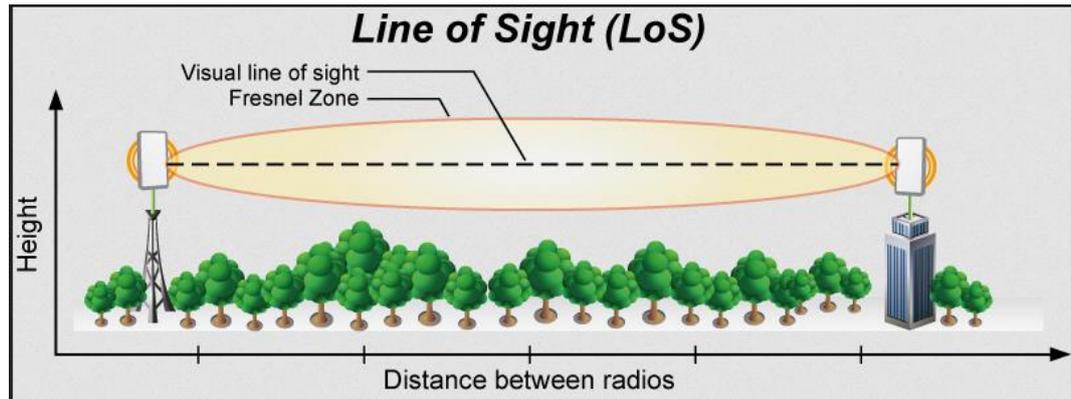
Tegangan Kerja	5V
Lampu Latar	Biru, hijau, Kuning
Tampilan Baris	2 atau 4
Tampilan Kolom	16 atau 20
Pengaturan Kontras	Potensiometer

**Gambar 2.12** LCD *display* dan modul I2C

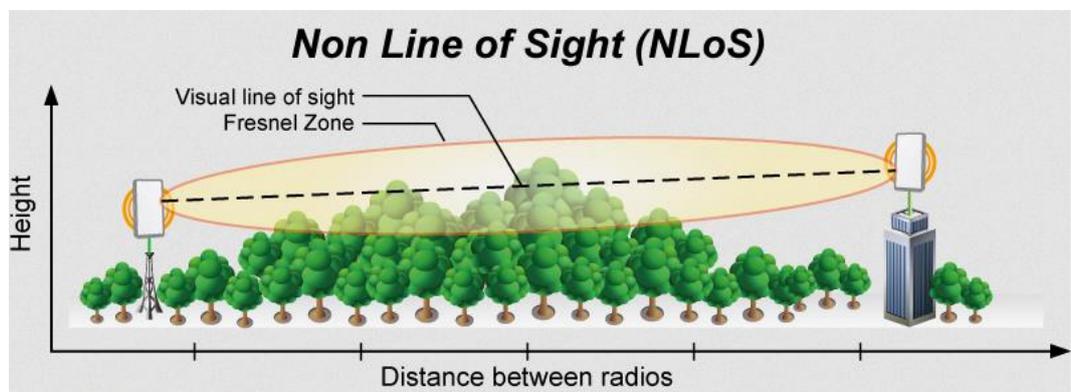
2.10 *Line Of Sight* (LOS) dan *Non Line Of Sight* (NLOS)

Dalam transmisi sinyal dengan dengan kondisi *Line Of Sight*, sinyal dari pengirim dapat langsung menuju dan diterima di terminal penerima karena tidak ada hambatan yang menghalanginya. Dalam proses pentransmision sinyal, faktor-faktor berikut mempengaruhi propagasi sinyal dalam sistem LOS ini diantaranya terdapat fakrot redaman, refleksi, refraksi atmosfer, *fading*, dan difraksi sepanjang permukaan bumi. Sistem modulasi gelombang radio mikro ini menggunakan parameter *Bit Error Rate* (BER) untuk mengubah sinyal informasi menjadi sinyal RF.

Sedangkan transmisi radio *Non Line of Sight* adalah kebalikan dari LOS, yaitu transmisi radio di jalur yang sebagian besar jalurnya terhalang oleh objek fisik atau obsacle pada zona *fresnel*. Hampir seluruh jenis media transmisi radio sangat bergantung pada tingkat dan garis pandang antara pemancar dan penerimanya.



Gambar 2.13 *Line Of Sight (LOS)*



Gambar 2.14 *Non-Line Of Sight (NLOS)*

2.11 *Quality Of Service (QoS)*

Untuk mengukur kualitas dari pengiriman data yang dikirimkan, dapat menggunakan parameter QoS (Quality of Service). QoS sendiri merupakan metode yang digunakan untuk mengukur dan menentukan kemampuan sebuah jaringan [18]. Ada beberapa parameter yang diukur dalam Quality of Service pada penelitian ini, diantaranya:

2.11.1 *Packet Loss*

Packet Loss merupakan sebuah parameter yang menunjukkan suatu kondisi jumlah total paket yang hilang selama proses pengiriman data [19].

Packet Loss dapat terjadi disebabkan karena adanya beberapa faktor antara lain :

- Adanya tabrakan dalam jaringan
- Terjadinya *error* dalam media fisik
- Adanya kegagalan dalam sisi penerima
- Terjadi karena overload dalam trafik jaringan
- Faktor geografis seperti pegunungan, bangunan, pohon, hujan, kabut dan yang lainnya.

Packet Loss dapat dihitung berdasarkan persentase paket yang berhasil dikirimkan dengan rumus :

$$\mathbf{Packet\ Loss} = \frac{\mathbf{Paket\ Data\ Dikirim} - \mathbf{Paket\ Data\ Diterima}}{\mathbf{Paket\ Data\ Dikirim}} \times 100\% \quad (2.1)$$

Adapun kategori *packet loss* yang ideal menurut standar TIPHON dapat dilihat pada **Tabel 2.9**.

Tabel 2.9 Standar kualitas *packet loss*

Kategori	Packet Loss %	Indeks
Sangat Bagus	0	4
Bagus	3	3
Sedang	15	2
Jelek	25	1

Sumber : F. Saputra, “Analisis Perbandingan Tiga Software Terhadap Pengukuran Quality Of service (QoS) Pada Pengukuran Jaringan Wireless Internet”

2.11.2 *Delay (Latency)*

Delay atau *latency* menunjukkan lama waktu tempuh yang dibutuhkan oleh data untuk menempuh jarak dari tujuan asal atau pemancar ke tujuan penerimanya. *Delay* sangat dipengaruhi oleh jarak dan media fisik. Nilai rata – rata *delay* dapat diketahui dengan menggunakan rumus :

$$\mathbf{Delay} = \frac{\mathbf{Total\ Delay}}{\mathbf{Total\ Paket\ Yang\ Diterima}} \quad (2.2)$$

Adapun kategori *delay* yang ideal menurut standar TIPHON dapat dilihat pada **Tabel 2.10**.

Tabel 2.10 Standar kualitas *delay*

Kategori	Besar Delay (ms)	Indeks
Sangat Bagus	< 150 ms	4
Bagus	150 ms s/d 300 ms	3
Sedang	300 ms s/d 450 ms	2
Jelek	> 450 ms	1

Sumber : F. Saputra, "Analisis Perbandingan Tiga Software Terhadap Pengukuran Quality Of service (QoS) Pada Pengukuran Jaringan Wireless Internet"

2.11.3 *Received Signal Strength Indicator (RSSI)*

RSSI merupakan singkatan dari *Receiver Signal Strength Indicator*. RSSI merupakan ukuran seberapa baik perangkat dapat mendapatkan sinyal dari titik akses ke penerimanya [21]. RSSI dan dBm merupakan unit pengukuran yang berbeda namun keduanya dapat mewakili satu hal yang sama yaitu kekuatan daya sinyal. Dimana dBm merupakan angka yang menunjukkan tingkat daya dalam mW (miliwatt) sedangkan RSSI merupakan indeks relatif. Maka dari itu satuan dari RSSI adalah dBm. Terdapat standar yang menjadi batasan RSSI, seperti tabel berikut :

Tabel 2.11 Standar RSSI

Kekuatan Sinyal	Keterangan
-30 dBm	Sangat Baik
-70 dBm	Baik
-80 dBm	Cukup
-90 dBm	Buruk
-100 dBm	Sangat Buruk

Sumber : L. Larumbia, "Optimalisasi Jaringan Nirkabel Dengan Metode Rssi Di Aikom Ternate"

2.12 Penelitian Terdahulu

Pada **Tabel 2.11** terdapat penelitian penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian penulis.

Tabel 2.12 Penelitian terdahulu

No	Judul Penelitian	Hasil	Saran Dan Kekurangan
1	Sistem Monitoring Pencemaran Air Sungai Berbasis Teknologi Sensor Nirkabel dan Internet-of-Things	Sistem ini mengaplikasikan multisensor berbasis jaringan radio dan IoT dengan data sensor yang dapat ditampilkan pada sebuah website	Pengujian hanya dilakukan pada tingkat keakurasian data sensor antara data yang diambil dengan data yang ditampilkan, perlu adanya pengujian pengaruh jarak terhadap tingkat keakurasian data yang diterima.
2	Penerapan Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis Internet Of Things	Sistem ini dapat mendeteksi kualitas air menggunakan tiga jenis sensor secara bersamaan	Sensor yang digunakan tidak bersifat wireless sehingga data sensor langsung diolah dan diupload ke cloud
3	Sistem Monitoring Perairan Untuk Sanitasi Kualitas Air Layak Pakai	Perangkat yang digunakan mampu mendapatkan data secara realtime yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi dari sungai.	Perangkat ini hanya bekerja menggunakan jaringan IoT sehingga data tidak dapat ditransmisikan dengan jarak yang jauh tanpa jaringan internet