

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian Implementasi *Moving Average Filter* Pada Mikrokontroler untuk Sistem *Monitoring Suhu Chiller* Vaksin Berbasis LoRa penulis akan mengungkapkan referensi kajian Pustaka. Pustaka yang relevan menjadi acuan bagi penulis dalam menyusun dan melakukan penelitian.

Penelitian [5] menggunakan metode *Real-time Monitoring* yang menggunakan sensor LM35 untuk mendeteksi keadaan suhu *cold storage / chiller* yang kemudian data yang berupa sinyal analog ini dikirimkan ke perangkat Arduino Uno yang merupakan mikrokontroler untuk diolah menjadi sinyal digital lalu kemudian dikirimkan ke aplikasi *monitoring* suhu dan dirubah dalam bentuk grafik, dan data tersebut akan dikirimkan dan disimpan di *database* yang menggunakan *Microsoft Access*. Hasil dari penelitian ini berdasarkan pengujian *black box testing* yang merupakan fokus dari kebutuhan *software* dan berdasarkan *User Acceptance Testing* yang merupakan proses verifikasi bahwa solusi yang dibuat dalam sistem sudah sesuai untuk pengguna didapatkan hasil sesuai yang diharapkan yaitu sebesar 82.5% sehingga aplikasi *monitoring* ini dapat dikatakan bisa mempermudah *operator cold storage* dalam melakukan pekerjaan *monitoring*, Penelitian ini memiliki kelebihan dimana biaya pembuatan perangkat sangat mudah dan murah karena komponen yang digunakan merupakan komponen yang umum digunakan dan banyak ditemukan, namun kekurangan dari penelitian ini mengharuskan laptop untuk terus menyala agar data yang didapatkan bisa direkam atau disimpan pada *Microsoft Access*, penelitian ini juga menggunakan sensor LM35 dimana sensor tersebut bukan jenis sensor yang tahan air sehingga untuk digunakan dalam *monitoring* suhu *cold storage / chiller* sangat rawan mengalami kerusakan, pengujian hanya dilakukan pada *cold storage* saja sehingga tidak diketahui apakah pengaruh suhu *cold storage* bisa sampai ke cairan vaksin maupun cairan yang digunakan sebagai pengganti vaksin dalam melakukan pengujian atau tidak.

Penelitian [6] menggunakan metode *Real-time monitoring* menggunakan sensor DHT22 untuk mendeteksi data suhu dari ruangan (Gudang) penyimpanan obat kemudian data tersebut dikirimkan ke NodeMCU yang merupakan mikrokontroler untuk diolah datanya dan kemudian di publish menggunakan broker *Message Queue Telemetry Transport* sebagai media komunikasi antara alat *monitoring* dengan pengguna (*client*). Hasil dari penelitian ini berdasarkan dari pengujian sistem yang dilakukan di beberapa titik di dalam gudang dimana hasil dari pengujian tersebut didapatkan hasil suhu dan kelembaban yang relatif sama atau tidak begitu jauh dan hasil dari perbandingan antara pengujian menggunakan broker lokal dengan broker global secara *delay* pengiriman data tidak terdapat perbedaan waktu *update data* sehingga dapat dikatakan *monitoring* ini *real-time*. Kekurangan dari penelitian ini adalah tidak menggunakan *database (cloud)* sehingga data yang diperoleh tidak disimpan dan jika melakukan *review* sistem ataupun hasil *monitoring* akan susah dilakukan karena data terus berganti, dan pada penelitian ini hasil tidak dijelaskan secara rinci sehingga penelitian tersebut tidak dapat diketahui berhasil atau tidak.

Penelitian [7] menggunakan metode *Real-time monitoring* yang menggunakan sensor PT-100 untuk mendeteksi data suhu lalu kemudian data yang berupa sinyal analog dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 untuk diolah menjadi sinyal digital dan dikirimkan menggunakan WiFi (Internet) ke broker *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT) yang merupakan media komunikasi antara alat *monitoring* dengan pengguna, dan kemudian data dari MQTT dikirimkan ke *web platform* untuk ditampilkan. Hasil dari penelitian ini yang memiliki 3 tahap pengujian yaitu pengujian sensor, pengujian keseluruhan sistem, pengukuran *Quality Of Service* (QoS) dari protokol MQTT dan didapatkan hasil akurasi sensor sebesar 99.32% melalui perbandingan dengan alat ukur elitech RC-4 dan didapatkan nilai rata-rata dari pengukuran QoS sebesar 41.91 ms. Dari pengujian tersebut dapat dikatakan sistem telah berhasil dirancang dengan baik. Kelebihan dari penelitian ini menggunakan *Platform Antares* sebagai *database* dan penampil data *monitoring*, pengujian dilakukan pada botol yang cairan glikol yang ditempatkan pada *chiller* sehingga diketahui apakah pengaruh suhu dari *chiller* bisa sampai ke dalam botol vaksin atau tidak.

Penelitian [8] menggunakan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) yang menggunakan *software* SPSS sebagai pengolah data. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah *software* dengan *Moving Average Filter* untuk peramalan beban listrik pada penyulang simpang tiga. Dan pada peramalan dengan *Moving Average Filter* menggunakan metode *single exponential smoothing error* dan *autoregressive* untuk membuat jumlah periode rata-rata dan melakukan perhitungan peramalan arus setiap bulan kedepan lebih efektif.

Penelitian [9] menggunakan metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode merancang sebuah sistem yang dapat melakukan koreksi kesalahan pada pengukuran sensor. Dimana sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor BMP180 yang digunakan untuk mendeteksi kedalaman air, kemudian data dari sensor tersebut dikirimkan dan diolah pada mikrokontroler Arduino Uno, data yang dihasilkan nantinya akan diolah kembali menggunakan *Moving Average Filter* lalu kemudian dilakukan pengujian sistem menggunakan analisis *Mean Square Error*. Hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa Implementasi *Moving Average Filter* dapat menghilangkan *outliers* sehingga tingkat akurasi data mencapai 99.12%.

Berdasarkan kajian pustaka diatas penulis melakukan penelitian lebih lanjut mengenai monitoring suhu *chiller* vaksin, dan pada ini penulis akan mengimplementasikan *Moving Average Filter* pada sistem *monitoring* suhu *chiller* vaksin untuk melakukan kalibrasi sensor PT-100 sehingga data yang diterima dari sensor untuk di olah pada bagian *Analog to Digital Converter* lebih akurat dan relevan. Karena untuk monitoring suhu *chiller* vaksin diperlukan data yang akurat karena vaksin sangat sensitif dan rawan rusak jika tidak disimpan dalam petunjuk atau aturan yang sesuai, dan untuk penjelasan lebih lengkap mengenai penelitian ini dapat dilihat pada metodologi penelitian.

Berdasarkan kajian pustaka dari penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi, peneliti akan menjelaskan perbedaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat Pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Penulis (Tahun)	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian
1	Sistem <i>Monitoring</i> Suhu <i>Cold Storage</i> Menggunakan <i>Data Logger</i> Berbasis <i>Arduino</i> dan <i>Visual Basic</i>	Dadan Saepul Ramdan dan M. Naufal Wijaksana (2017)	Aplikasi <i>monitoring</i> suhu <i>Cold Storage</i> dengan <i>database</i> yang menggunakan <i>Microsoft Access</i> . berdasarkan <i>User Acceptance Testing</i> yang merupakan proses verifikasi bahwa solusi yang dibuat dalam sistem sudah sesuai untuk pengguna didapatkan hasil sesuai yang diharapkan yaitu sebesar 82.5%	Menggunakan Sensor LM 35, Berbasis Arduino
2	Rancang Bangun Alat <i>Monitoring</i> Suhu dan Kelembaban Berbasis <i>Internet of Things (IOT)</i> Pada Gudang Obat Dinas Kesehatan Jeneponto	Resky Wismasary dan Nur Arifah Syah (2020)	<i>Real-time monitoring</i> menggunakan sensor DHT22 untuk mendeteksi data suhu dari ruangan (Gudang) penyimpanan obat dengan protokol <i>Message Queue Telemetry Transport</i> sebagai media komunikasi antara alat <i>monitoring</i> dengan pengguna (<i>client</i>).	Monitoring Suhu dan Kelembaban Pada Gudang Obat
3	Sistem <i>Monitoring</i> Suhu <i>Chiller</i> Vaksin Menggunakan Sensor PT-100 Dengan Protokol MQTT	Wahyu Junianto (2021)	Hasil dari penelitian ini yang memiliki 3 tahap pengujian yaitu pengujian sensor, pengujian keseluruhan sistem, pengukuran <i>Quality Of Service (QoS)</i> dari protokol MQTT dan didapatkan hasil akurasi sensor sebesar 99.32% melalui	Menggunakan Protokol MQTT dan menggunakan Modul Wifi sebagai media komunikasi ke <i>platform</i>

No	Judul	Penulis (Tahun)	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian
			perbandingan dengan alat ukur elitech RC-4 dan didapatkan nilai rata-rata dari pengukuran QoS sebesar 41.91 ms.	
4	Aplikasi Metode <i>Moving Average Filter</i> Terhadap Peramalan Beban Listrik Jaringan Distribusi 20 KV Pada Penyulang Simpang Tiga Satu Di Gardu Induk Keramasan	Muhar Danus (2019)	<i>Software</i> dengan Metode <i>Moving Average Filter</i> untuk membuat jumlah periode rata-rata dan melakukan perhitungan peramalan arus setiap bulan kedepan lebih efektif.	Implementasi <i>Moving Average Filter</i> objek dan bidang yang berbeda
5	Implementasi <i>Moving Average Filter</i> untuk Koreksi Kesalahan Sensor Pengukur Kedalaman Air	Utti Marina Rifanti, Herryawan Pujiharsono, Andri Setiawan, dan Jans Hendry (2020)	Hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa Implementasi <i>Moving Average Filter</i> dapat menghilangkan <i>outliers</i> sehingga tingkat akurasi data mencapai 99.12%	Objek penelitian

2.2 DASAR TEORI

Pada dasar teori ini peneliti akan membahas tentang materi yang berkaitan dengan penelitian antara lain yaitu: vaksin, sensor suhu PT-100, driver MAX31865, ESP32, Moving Average Filter, chiller, platform Console Telkom IoT, LoRa, LoRaWAN, arsitektur LoRaWAN, persamaan akurasi, outlier, dan Received Signal Strength Indicator (RSSI).

2.2.1 Vaksin

Vaksin adalah produk biologis yang didapatkan dari mikroorganisme hidup, serta menaikkan kekebalan terhadap penyakit baik mencegah atau mengobati penyakit. Vaksin diberikan pada bentuk cair, baik suntikan, bahkan melalui mulut. Vaksin merupakan formula yang berasal dari bagian tubuh virus, virus yang telah dimatikan, atau virus hidup yg diinjeksikan ke dalam tubuh manusia guna memperoleh suatu sistem imun (kekebalan) secara alamiah [10].



Gambar 2.1 Vaksin [11]

Pada Gambar 2.1 merupakan gambar vaksin yang dimana pada penelitian ini cairan vaksin diganti dengan cairan glikol sebagai medium pengujian.

Vaksin dapat berupa galur virus atau bakteri yang telah dilemahkan dan dapat pula berupa organisme yang telah dimatikan atau hasil pemurniannya dari (protein, peptida partikel serupa virus, dan sebagainya) sehingga tidak menyebabkan penyakit. Vaksin akan mempersiapkan sistem kekebalan manusia atau hewan untuk dapat bertahan terhadap serangan patogen tertentu, terutama bakteri, virus atau toksin. Vaksin diberikan untuk dapat merangsang sistem kekebalan tubuh agar tubuh membuat zat anti untuk mencegah terjadinya penyakit tertentu [12].

Bahan dasar vaksin Sinovac adalah virus SARS-CoV-2 yang sudah tidak aktif atau inaktivasi. Untuk penyimpanan, vaksin ini dapat disimpan di lemari pendingin biasa antara 2-8 derajat Celcius. Vaksin AstraZeneca dikembangkan di Inggris oleh *University of Oxford*. Vaksin ini dibuat dengan teknologi tradisional, yaitu

menggunakan *platform* adenovirus. Untuk penyimpanan, vaksin AstraZeneca dapat disimpan di lemari pendingin biasa antara 2-8 derajat *Celcius* [13].

2.2.2 Sensor Suhu PT-100

Pada Gambar 2.2 merupakan sensor PT-100 dengan 3-Wire yang dimana pada penelitian ini digunakan sebagai sensor suhu.



Gambar 2.2 Sensor PT-100 [14]

Pada Gambar 2.2 merupakan sensor PT-100 yang dimana pada penelitian ini digunakan untuk mendeteksi suhu pada *chiller* vaksin dengan cara menancapkan *probe* sensor kedalam botol vaksin dan diletakkan kedalam *chiller*

Sensor suhu merupakan perangkat yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur suhu dalam berbagai aplikasi sistem, ada beberapa jenis sensor suhu yaitu *Resistive Temperature Detector (RTD)*, *thermistor*, termokopel, dan *infrared* [15].

Sensor PT100 adalah salah satu jenis sensor yang dikenal dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sensor ini termasuk dalam kategori *Resistance Temperature Detector (RTD)*. Nilai resistansinya sebanding dengan suhu jika suhu naik maka nilai resistansinya juga akan naik, sensor pt100 ini terbuat dari logam platinum oleh karena itu nama dari sensor ini diawali dengan “PT” sensor ini dikalibrasi pada suhu 0°C pada nilai resistansi 100 ohm untuk sensor pt100 standar Eropa berjenis DIN

memiliki resolusi sebesar 0,385 ohm untuk setiap 1°C. Untuk penggunaan suhu pada sensor pt100 kita harus mengeksistansi dengan arus yang tidak boleh melebihi dari 1mA, karena jika nilai arus melebihi nilai tersebut akan menimbulkan efek *self-heating* yang menyebabkan kesalahan pada hasil pengukuran [16].

Resistance Temperature Detector (RTD) atau yang lebih dikenal sebagai Detektor Temperatur Tahanan adalah sebuah perangkat yang dipakai untuk mengukur nilai suhu dengan menggunakan unsur sensitif berbentuk kawat platina, tembaga, atau nikel murni. Ketika suhu suatu objek naik, nilai tahanan listrik dari elemen tersebut juga meningkat, dan sebaliknya. Di dunia industri, tipe RTD yang paling umum digunakan adalah PT100.

Resistive Temperature Detector merupakan jenis sensor yang tidak menghasilkan energi sendiri, sehingga membutuhkan sumber energi eksternal. Unsur tahanan listrik seperti kawat nikel, tembaga, atau platina murni sering digunakan dalam RTD, yang ditempatkan di dalam tabung perlindungan untuk mencegah kerusakan mekanis. PT100, salah satu bentuk RTD, beroperasi pada rentang suhu dari -200°C hingga 650°C [17].

2.2.3 Driver MAX31865

Driver MAX31865 merupakan perangkat konverter yang dirancang untuk membaca resistansi rendah dan mempunyai penguat untuk dapat menyesuaikan dan memberikan kompensasi pada nilai output. *Driver* ini memiliki tingkat presisi 15 bit *analog to digital converter* [18].

Untuk *Driver* MAX31865 beserta pin yang terdapat pada *driver* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3, pin yang digunakan untuk menghubungkan antara driver MAX31865 antara lain yaitu: pin VIN untuk tegangan input driver, pin CLK untuk mengatur *clock*, pin SDI untuk *Serial Data Input* ke *driver*, pin SDO untuk *Serial Data Output* untuk data keluaran dari *driver* yang akan dikirimkan ke mikrokontroler, dan pin CS untuk *Chip Select* sebagai *chip* dengan nomor unik untuk membedakan antar *driver* jika ingin menghubungkan beberapa *driver* ke mikrokontroler yang sama.



Gambar 2.3 Driver MAX31865 [18]

Pada penelitian ini *Driver* MAX31865 digunakan sebagai *RTD to Digital converter* dari sensor PT-100 agar data dapat diproses pada mikrokontroler.

2.2.4 ESP32

ESP32 Merupakan sebuah sistem berdaya rendah dan ekonomis pada chip mikrokontroler dengan kemampuan *Wi-Fi* dan *bluetooth* ganda yang terintegrasi. ESP32 menjadi komponen inti dari inisiatif ini. Ini merupakan papan mikrokontroler yang berfungsi sebagai penghubung antara berbagai sensor. Rentang tegangan operasional ESP32 berkisar dari 2,2 hingga 3,6V. Dalam kondisi operasi normal, ESP32 mendukung operasi chip pada tegangan 3,3V [19]. Pada penelitian ini penulis menggunakan Lynx32 LoRa *Development Board* yang menggunakan produk Espressif yang sudah terintegrasi dengan modul LoRa untuk detail mikrokontroler Lynx32 LoRa *Development Board* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat Pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Lynx32 LoRa Development Board [20]

Pada Gambar 2.2.3 berikut merupakan Lynx32 LoRa Development Board dengan PCB 4 Layer.

2.2.5 Moving Average Filter

Moving Average Filter(MAF) atau Filter Rata-rata Bergerak sesuai dengan namanya *Moving Average Filter* bekerja dengan cara mengambil nilai rata-rata dari sinyal *input* dan diproses untuk menghasilkan setiap titik pada sinyal *output* merupakan filter yang paling umum dalam *Digital Processing Signal* (DSP) karena merupakan filter yang sederhana, mudah dipahami dan digunakan. Fungsi umum dari *Moving Average Filter* ini adalah untuk mengurangi kebisingan sambil mempertahankan respons yang akurat. Untuk mengetahui lebih lanjut cara kerja filter dapat dilihat pada Persamaan 1:

$$y[n] = \frac{\{x[n]+x[n+1]+\dots+x[n+(M-1)]\}}{M} \quad (1)$$

Pada persamaan diatas $x[n]$ merupakan nilai sinyal *input*, $y[n]$ merupakan nilai sinyal *output*, dan M merupakan jumlah titik yang digunakan untuk *moving average* [21].

Terdapat 3 jenis *window* MAF yang diterapkan pada penelitian melalui bahasa pemrograman yang diinputkan pada aplikasi Arduino IDE yaitu MAF *window* 2, MAF *window* 3, dan MAF *window* 5.

2.2.6 Chiller

Mesin refrigeran atau chiller untuk kebutuhan pengkondisian udara saat ini berkembang dengan pesatnya diikuti dengan desain yang lebih menarik sesuai kebutuhan industri. Dalam masyarakat luas mesin pendingin seperti (*cold storage*), *freezer* dan kulkas digunakan untuk menjaga dan mempertahankan kondisi suatu produk dalam keadaan yang baik seperti pada keadaan semula [22].

Pada penelitian ini penulis menggunakan *cooler box* yang diisi dengan es batu agar suhu sesuai dengan ketentuan sebagai pengganti *chiller*.

2.2.7 Console Telkom IoT

Console Board Telkom IoT atau Telkom IoT *Platform* adalah layanan teknologi IoT yang dapat dengan mudah menghubungkan, mengelola, mengotomatisasi berbagai perangkat atau sensor, serta memvisualisasikan data perangkat yang tersimpan di *dashboard* pribadi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan. Dengan model bisnis *Research & Innovation Collaboration*, Telkom IoT *Platform* memiliki cakupan target pasar yang luas seperti akademisi, B2B hingga institusi besar sebagai penggunaan. Sebagai salah satu komponen utama dalam ekosistem *Internet of Things* (IoT) dan berperan penting sebagai jembatan antara data dari perangkat sensor ke pengguna data *dashboard* [23].



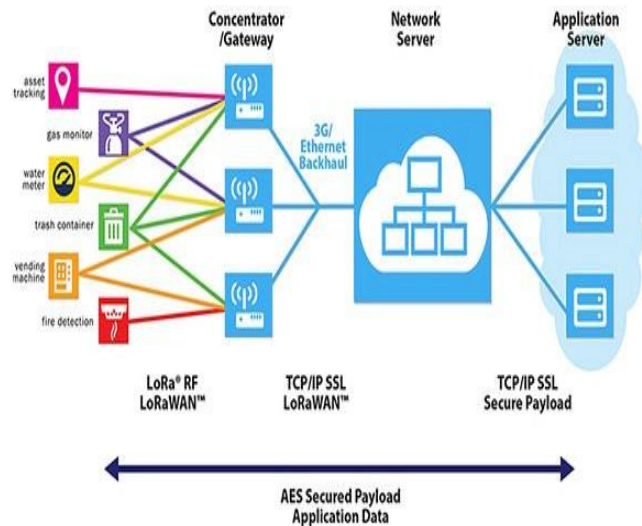
Gambar 2.5 Logo Telkom IoT *Platform* [23]

Pada Gambar 2.5 merupakan logo dari Telkom IoT Platform yang digunakan sebagai database pada penelitian ini.

2.2.8 LoRa

LoRa dikenal sebagai *Long Range*, bersama teknologi LoRaWAN, adalah contoh terbaru dari jenis jaringan yang kini telah diterapkan secara luas di beberapa negara. Salah satu kelemahan yang dimiliki oleh jaringan LoRaWAN adalah absennya proses enkripsi pada data muatan (*payload*). Saat pesan sedang dikirimkan antara perangkat-perangkat, proses penyadapan (*sniffing*) memiliki potensi untuk mengakses seluruh pesan yang dikirim dan diterima oleh perangkat-perangkat tersebut. Oleh karena itu, ada risiko yang signifikan terkait serangan melalui penyadapan ini, yang pada akhirnya dapat mengakibatkan kurangnya keamanan privasi pada data muatan [24].

Untuk arsitektur LoRa yang dapat menjadi gambaran komunikasi dari perangkat *end-device* yang digunakan peneliti menuju *gateway* yang berfungsi sebagai media komunikasi menuju *platform* yang digunakan sebagai *database* dapat dilihat Pada Gambar 2.6



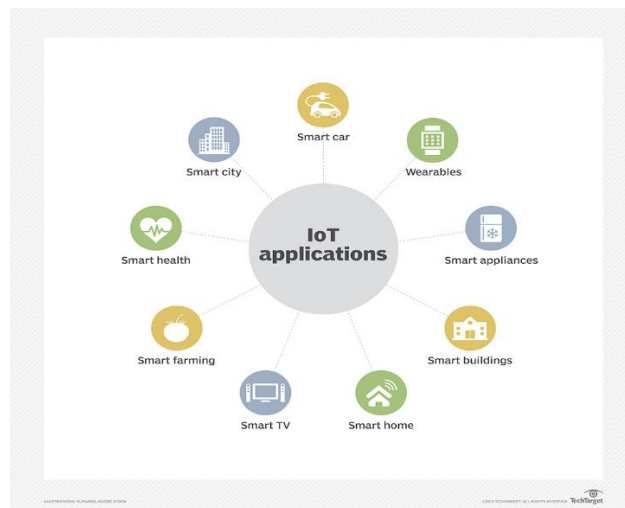
Gambar 2.6 Arsitektur LoRa[24]

Pada penelitian ini menggunakan Lynx 32 LoRa Development Board, Parameter kualitas komunikasi LoRa yang akan diujikan adalah RSSI.

2.2.9 LoRaWAN

LoRaWAN mendefinisikan protokol komunikasi dan arsitektur sistem untuk jaringan sementara lapisan fisik LoRa yang memungkinkan untuk komunikasi jangkauan jarak jauh. Protokol dan arsitektur jaringan mempunyai pengaruh yang paling besar dalam menentukan masa penggunaan baterai dari sebuah node, kapasitas jaringan, kualitas layanan, keamanan dan beragam aplikasi yang dilayani oleh jaringan, lora menggunakan topologi star sebagai jembatan antara end-device dengan gateway [25].

Untuk contoh perangkat IoT yang terhubung dengan LoRa dan LoRaWAN Pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Perangkat IoT yang terhubung dengan LoRa dan LoRaWAN [25]

Pada Gambar 2.7 menunjukkan perangkat *Internet of Things* yang terhubung dengan LoRa dan LoRaWAN, salah satunya yaitu *Smart Car*.

LoRa melayani berbagai jenis aplikasi oleh karena itu masing-masing *device* memiliki persyaratan yang berbeda pada penerapannya. Alasan yang menjadi faktor utama adalah mengenai umur baterai yang digunakan dan latensi komunikasi dari *network server* menuju *gateway* sampai ke *device*, sehingga LoRa digolongkan menjadi 3 kelas yaitu:

1. Kelas A, pada kelas ini sensor secara berkala mengirimkan paket ke *gateway* setelah menyelesaikan proses *transmitter*, *node* membuat *receiver* aktif selama beberapa waktu, sehingga dapat menerima data dari *gateway*. Setelah

menyelesaikan siklus ini, file sensor memasuki kembali mode tidur untuk menghemat energi.

2. Kelas B, tidak seperti kelas A jenis sensor pada kelas B ini telah diprogram untuk menerima slot waktu. Oleh karena itu *node* lebih sering aktif untuk mengunggah data atau pesan dari *gateway*.

3. Kelas C, pada kelas ini efisiensi energi paling rendah, hal ini dikarenakan sensor menjaga *receiver* secara konstan untuk aktif, agar dapat menerima pesan dari modul *gateway* setiap saat [26].

2.2.10 Arsitektur LoRaWAN

LoRaWAN, Salah satu teknologi LPWAN adalah *Long Range Wide Area Network* (LoRaWAN). Komunikasi LoRaWAN dibangun menggunakan topologi *star to star*. Pada arsitektur LoRaWAN, *device* tidak terisolasi dengan *gateway* tertentu. Data dari *device* akan diterima oleh beberapa *gateway* dalam jangkauan *network* LoRa. Tiap *gateway* meneruskan paket yang diterima dari *device* ke *network server* [27].

2.2.11 Persamaan Akurasi

Untuk menentukan hasil akurasi sensor pada penelitian ini menggunakan rumus pada persamaan 2.1 berikut [28].

$$Akurasi = 100\% - \left(\left| \frac{\text{nilai dari sensor} - \text{nilai dari alat ukur}}{\text{nilai dari alat ukur}} \right| \times 100\% \right) \quad (2.1)$$

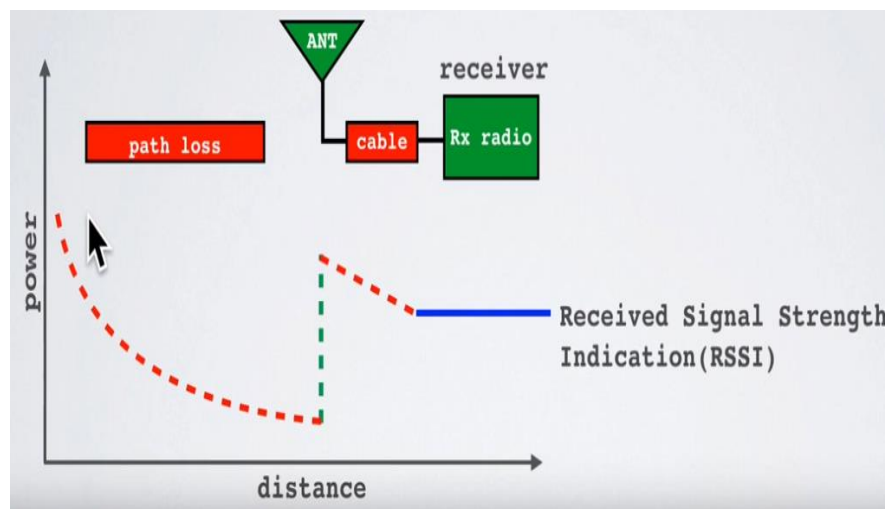
2.2.12 Outlier

Outlier dapat didefinisikan sebagai amatan yang menyimpang sedemikian jauh dari pengamatan yang lainnya, *outlier* atau perubahan data yang begitu signifikan dapat membuat data tidak terdistribusi dengan normal dan juga dapat berdampak pada pengambilan keputusan [29].

Pada penelitian ini *outlier* dapat menyebabkan meningkatnya selisih *error* pada perbandingan yang menggunakan rumus nilai akurasi

2.2.13 Received Signal Strength Indicator (RSSI)

Received Signal Strength Indication (RSSI) merupakan indikasi kekuatan sinyal yang diterima dalam satuan *miliwatt* dan diukur dalam satuan dBm yang mana nilai dapat digunakan sebagai ukuran seberapa baik penerima dapat “mendengar” sinyal dari pengirim. Parameter RSSI diukur dalam satuan dBm dan bernilai negatif yang dimana nilai RSSI LoRa yang umum adalah -120 dBm. Semakin nilai RSSI mendekati nilai 0 maka semakin baik kualitas sinyalnya [30].



Gambar 2.9 Skema *Received Signal Strength Indicator*

Pada Gambar 2.9 merupakan skema *Receiver Signal Strength Indicator* (RSSI) dimana sumbu y merupakan *power* dan sumbu x merupakan *distance* yang dimana pada penelitian ini nilai RSSI merupakan kemampuan *gateway* untuk mendengar atau menerima sinyal dari *transmitter*.

Tabel 2.2 Kategori RSSI

Nilai RSSI	Kategori Signal
> -30 dBm	Bagus
> = -120 dBm	Lemah
< = -120 dBm	Buruk / Tidak Terhubung

Pada Tabel 2.2 menunjukkan nilai kategori RSSI yang dimana jika nilai RSSI lebih dari -30 dBm atau semakin mendekati nilai 0 dBm maka kualitas *signal* masuk dalam kategori bagus, jika nilai RSSI lebih dari sama dengan -120 dBm maka

masuk dalam kategori *signal* lemah dan jika nilai RSSI kurang dari -120 dBm maka masuk dalam kategori *signal* buruk atau tidak terhubung karena nilai RSSI untuk komunikasi LoRa adalah -120 dBm.

Nilai RSSI pada komunikasi LoRa dapat dipengaruhi oleh jarak antara end-device dengan gateway, halangan gedung, dan interferensi lainnya karena LoRa bekerja pada spektrum frekuensi bebas ISM, dimana masyarakat dapat bebas menggunakan dalam batasan daya pancar tertentu. Karena spektrum frekuensi bebas tersebut, maka tidak ada garansi akan adanya interferensi dari perangkat atau pemancar lain pada frekuensi kerja tersebut [31].