

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian oleh Ivan Bobkov, Maria Denisova, Alexey Rolich, dan Leonid Voskov pada tahun 2020 yang berjudul "*Study of LoRa Performance at 433 MHz and 868 MHz Band Inside a Multistory Building*" meneliti tentang perbandingan parameter LoRa frekuensi 433 MHz dan 868 MHz dengan mengukur SNR dan RSSI pada percobaan pengiriman paket pada gedung bertingkat. Tabel perbandingan rasio pengiriman paket pada berbagai faktor penyebaran selama penelitian ini menunjukkan bahwa modul LoRa 433 MHz mendapatkan sinyal yang lebih kuat. Namun, modul LoRa frekuensi 868 MHz menunjukkan persentase paket yang diterima lebih tinggi. Kemudian disimpulkan bahwa untuk bangunan sembilan lantai dengan lantai beton lebih baik untuk menyebarkan jaringan LoRa menggunakan frekuensi 868 MHz [3].

Penelitian oleh Ayub Repa Batong, Prihadi Murdiyat, dan Abdul Hamid Kurniawan pada tahun 2020 yang berjudul "Analisis Kelayakan LoRa untuk Jaringan Komunikasi Sistem *Monitoring* Listrik di Politeknik Negeri Samarinda" tentang pengukuran *link* untuk mengetahui layak tidaknya LoRa digunakan pada sistem *monitoring* listrik di wilayah kampus Politeknik Negeri Samarinda. Kelayakan dinilai berdasarkan parameter RSSI, SNR, dan *packet loss* (PL) yang diperoleh dari hasil pengukuran pada unit *receiver* yang diletakkan dalam beberapa gedung, dengan sinyal yang dipancarkan dari unit *sender* yang dipasang di luar gedung Laboratorium Teknik Elektro. Penelitian dilakukan dengan menggunakan dua jenis frekuensi operasi LoRa yaitu 433 MHz dan 915 MHz. Dari hasil pengukuran pada frekuensi 433 MHz maupun 915 MHz, nilai RSSInya lebih besar dari -120 dB, SNR lebih besar dari -20 dB, dan nilai PLnya lebih kecil dari 3%. Ini menunjukkan bahwa LoRa layak untuk digunakan sebagai jaringan komunikasi sistem *monitoring*. Selain itu, diperoleh juga bahwa LoRa dengan frekuensi kerja 433 MHz mempunyai performa yang lebih baik dibanding LoRa dengan frekuensi 915 MHz [4].

Penelitian oleh Eko Didik Widiyanto, Michael S.M. Pakpahan, Al Arthur Faizal, dan Risma Septiana pada tahun 2018 yang berjudul “*LoRa QoS Performance Analysis on Various Spreading Factor in Indonesia*” yang berisi tentang perbandingan penggunaan *Spreading Factor* (SF) berdasarkan jarak antara *client* dan *gateway* yang digunakan pada perangkat LoRa untuk dapat mencapai efektivitas maksimum dengan melakukan uji coba untuk menganalisis SF terbaik yang digunakan dalam berbagai jarak. Penelitian menggunakan pita frekuensi ISM (*Instrumentation Science and Medical*) 925 Mhz di Indonesia. Berdasarkan pengukuran, rekomendasi SF adalah SF7 untuk maksimum, SF8 untuk keseimbangan kemampuan tinggi dan jarak jauh, dan SF11 untuk jangkauan maksimum dan rentang optimal untuk aplikasi LoRa [5].

Berdasarkan kajian pustaka di atas, untuk penelitian ini memiliki beberapa kesamaan dan perbedaan. Dalam penelitian ini dirancang sebuah sistem komunikasi menggunakan perangkat LoRa agar dapat mengirimkan data sensor GPS. Penggunaan 3 frekuensi kerja LoRa 433 MHz, 868 MHz, dan 915 MHz dilakukan untuk pembandingan kinerja. Selanjutnya, sistem yang telah dibuat dilakukan pengujian parameter untuk mengetahui kualitas jaringan yang dipakai dengan menguji parameter QoS yaitu RSSI, SNR, dan *Packet Loss*.

## **2.2 DASAR TEORI**

### **2.2.1 LPWAN (*Low Power Wide Area Network*)**

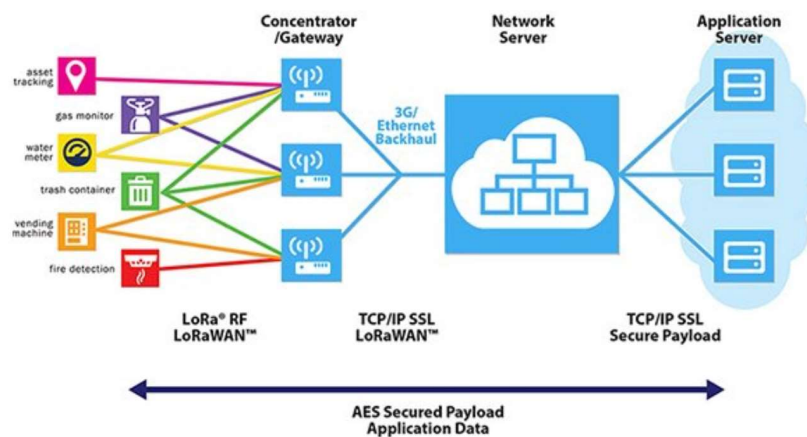
LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) adalah jaringan seluler teknologi nirkabel yang dioptimalkan untuk komunikasi IoT dan *Machine-to-Machine*. LPWAN merupakan jenis telekomunikasi nirkabel dengan jaringan area luas yang dirancang untuk memungkinkan komunikasi jarak jauh yang dioperasikan dengan baterai. Pesan dikirim melalui LPWAN harus kecil dan sederhana, agar pesan tersebut dapat dikomunikasikan dari jarak jauh tanpa sumber daya yang besar.

LPWAN mengirim dan menerima paket kecil informasi pada interval yang jarang. Jarak pengiriman sangat jauh dan dapat bertahan selama bertahun-tahun. Namun, LPWAN juga memiliki kekurangan yaitu pesan yang dikirimkan terkadang tidak diterima oleh *gateway* dengan kata lain disebut *packet loss*. Penanganannya dengan cara membatasi pengiriman beberapa pesan atau dengan menambahkan *gateway* tambahan ke dalam jaringan, tetapi solusi tersebut memerlukan biaya yang

lebih banyak. Jaringan ini memungkinkan penggunaan banyak perangkat untuk mengumpulkan dan mengirim data dengan biaya lebih rendah, jarak yang lebih jauh, dan daya tahan baterai yang lebih baik dibanding jaringan yang lainnya [6].

### 2.2.2 LoRa WAN (*Long Range Wide Area Network*)

Protokol LoRaWAN adalah protokol komunikasi *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) yang berfungsi pada LoRa. Spesifikasi LoRaWAN terbuka sehingga siapa pun dapat mengatur dan mengoperasikan LoRa jaringan. Protokol LoRaWAN didesain agar LPWAN dapat bekerja dari jarak yang jauh, hemat biaya, rendah energi, skalabilitas tinggi, dan *Quality of service* (QoS). LoRaWAN memiliki kemampuan enkripsi data untuk membangun jaringan *wireless* yang aman. Spesifikasi LoRaWAN bersifat *open source* dan didukung oleh LoRa *Alliance*. Selain kemampuan enkripsi data, LoRaWAN memiliki kemampuan seperti *Adaptive Data Rate optimisation* (ADR), *Quality of Service* (QoS), dll.

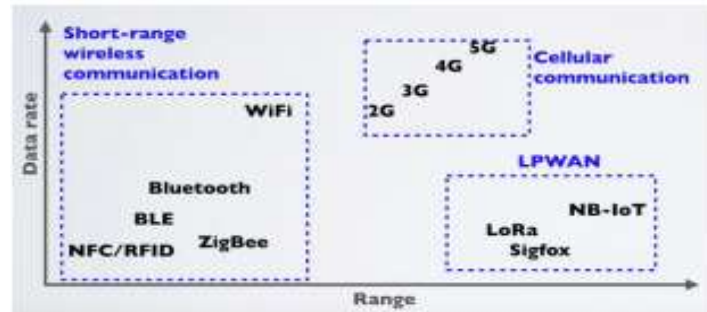


Gambar 2.1 Arsitektur Protokol LoRaWAN.

LoRaWAN dibangun menggunakan topologi *star to star* yang memungkinkan *device* dapat bekerja menggunakan baterai dalam jangka waktu lebih lama dibanding topologi *mesh network* pada umumnya. Pada arsitektur LoRaWAN, *device* tidak terasosiasi dengan *gateway* tertentu, nantinya data dari *device* akan diterima oleh beberapa *gateway* dalam jangkauan jaringan LoRa. Tiap *gateway* akan meneruskan paket yang diterima dari *device* ke *network server* yang ada di *cloud* melalui *backhaul* seperti *ethernet*, *wi-fi*, satelit ataupun seluler [7].

Protokol LoRaWAN juga mencakup beberapa fitur pendukung pada jaringan nirkabel utama seperti enkripsi data untuk membangun jaringan *wireless*

yang aman, *Adaptive Data Rate optimization* (ADR), *Quality of Service* (QoS) dan lain-lain. Berikut pada gambar 2.2 adalah area kerja komunikasi Bluetooth, *Wi-fi*, *Cellular*, dan LPWAN.

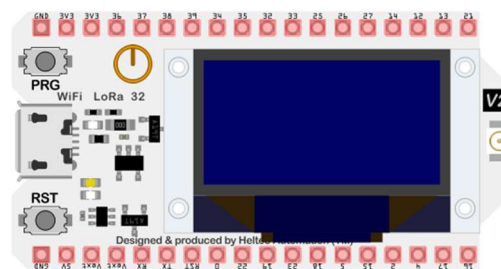


Gambar 2.2 Area Kerja Komunikasi Bluetooth, *Wi-Fi*, *Cellular*, dan LPWAN.

Pada gambar 2.2 dapat disimpulkan bahwa LoRa sendiri memiliki kelebihan dibanding dengan jenis lainnya seperti Bluetooth, *Wi-Fi* dan *Cellular*. Di mana pada teknologi LoRa memiliki kemampuan komunikasi jarak jauh seperti *Cellular* namun berdaya rendah seperti Bluetooth. LoRa memiliki keterbatasan dalam kecepatan transmisi data yaitu pada kisaran 0.3-50 kbps [1].

### 2.2.3 LoRa (*Long Range*)

LoRa (*Long Range*) ditemukan oleh sebuah *start up* di Prancis yaitu Cycleo, yang kemudian diakuisisi oleh Semtech. LoRa merupakan sistem komunikasi nirkabel jarak jauh dengan teknologi data *links* yang dikembangkan oleh Semtech untuk menstandarkan LPWAN (*Low Power Wide Area Network*). LoRa menyediakan komunikasi jarak jauh dengan daya yang rendah sehingga cukup ditenagai dengan baterai. Jaringan LoRa dapat memberikan jangkauan sinyal yang lebih luas dengan cakupan jarak dalam satuan kilometer. LoRa dapat berkomunikasi jarak jauh hingga 3 mil (5 kilometer) di daerah perkotaan, dan 10 mil (15 kilometer) atau lebih di daerah pedesaan tergantung perangkat akhir (*end node*) berada dalam ruangan atau luar ruangan [4].



Gambar 2.3 LoRa Heltec SX1276 ESP32 v2.

Nilai frekuensi pada LoRa bermacam-macam sesuai daerahnya, jika di Asia frekuensi yang digunakan yaitu 433 MHZ, di Eropa nilai frekuensi yang digunakan yaitu 868 MHZ, sedangkan di Amerika Utara frekuensi yang digunakan yaitu 915 MHZ. LoRa *modulation* merupakan modulasi yang memanfaatkan *Chirp Spread Spectrum* (CSS). Modulasi LoRa memiliki total enam *Spreading Factor*. *Spreading Factor* merupakan rasio antara *chirp* dengan simbol dimana nilai *Spreading Factor* bernilai 7-12 dan jumlah simbol dapat dihitung dengan 2SF [8].

*Spreading Factor* merupakan salah satu parameter yang akan menentukan seberapa sensitif performa *receiver* LoRa dalam menerima data dan seberapa cepat *bit rate* dari data yang dikirimkan. Semakin besar *Spreading Factor* yang digunakan, maka cakupan wilayah sinyal yang dapat dijangkau akan semakin jauh, akan tetapi akan berpengaruh pada kualitas *bit rate* dalam pengiriman data. *Coding rate* merupakan suatu proses untuk menentukan besarnya *bit rate* pada LoRa dapat dihitung dengan persamaan 2.1.

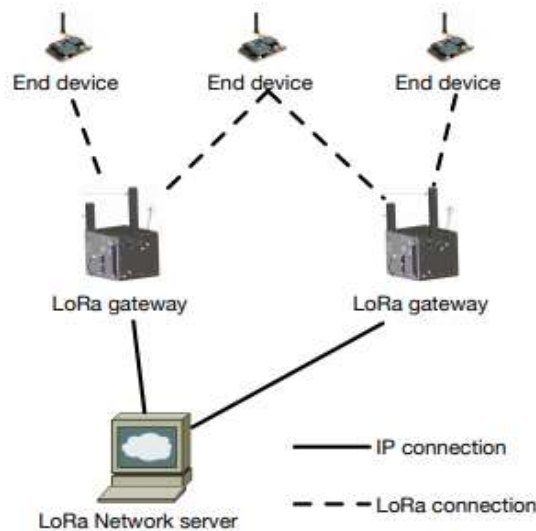
$$R_b = SF \frac{BW}{2^{SF}} CR \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan parameter BW = 125 KHz dan CR = 4/5 maka dapat ditentukan besar *bit rate* pada setiap *spreading factor* pada tabel di bawah ini [8]:

Tabel 2.1 Relasi *Bit Rate* dan *Spreading Factor*

<i>Spreading Factor</i> (SF)	<i>Chips / Symbols</i>	<i>Phisycal Bit Rate</i> ( bit/s )
7	128	5470
8	256	3125
9	512	1760
10	1024	980
11	2048	440
12	4096	290

### 2.2.4 Arsitektur Jaringan LoRa



Gambar 2.4 Arsitektur Jaringan LoRa

a. *End Device*

*End device* berfungsi sebagai *interface* yang mengumpulkan informasi data yang diperoleh, kemudian dikirimkan kepada *physical layer* LoRa dan dikirimkan menuju *gateway*. Pada *end device* jika berada pada dua area *coverage gateway* maka *end device* akan mengirimkan informasi data kepada kedua *gateway*.

b. *LoRa Gateway*

Merupakan suatu bagian penghubung antara *device* ke *network server* yang akan meneruskan paket yang dikirim dari *device* ke *network server*.

c. *LoRa Network Server*

Merupakan bagian dimana pemrosesan dilakukan *network server* untuk mengatur jaringan, mem-*filter* paket yang diterima, *security check* dan mengatur *Adaptive Data Rate* (ADR). Sehingga pengguna dapat memantau kinerja alat secara *real time* [3].

### 2.2.5 *Software Arduino IDE*

Arduino IDE merupakan sebuah *software* untuk memprogram Arduino. Pada *software* inilah arduino dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dinamakan melalui sintaks pemrograman. Arduino menggunakan bahasa pemrograman C yang dimodifikasi. Bahasa pemrograman Arduino sudah dirubah untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Didalam Arduino sendiri sudah terdapat IC mikrokontroler yang sudah

ditanam program yang bernama *Bootloader*. Fungsi dari *bootloader* tersebut adalah untuk menjadi penengah antara *compiler* Arduino dan mikrokontroler. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA yang dilengkapi dengan *library* C/C++ (*wiring*), yang membuat operasi *input/output* lebih mudah. *Sketch* merupakan program yang ditulis dengan menggunakan Arduino IDE. *Sketch* yang disimpan akan memiliki ekstensi file *.ino*. Fitur-fitur yang terdapat pada Arduino IDE ada beberapa macam dengan fungsi untuk memudahkan pengguna.

### 1. *Uploading*

Adalah proses untuk menyalin *file .hex* atau *file* hasil kompilasi ke dalam IC mikrokontroler Arduino. Tombol *uploading* terdapat di bagian atas pada ikon yang berbentuk anak panah menghadap ke kanan. Sebelum melakukan *uploading*, yang perlu diperhatikan adalah jenis *board* dan COM *port* yang digunakan. Untuk mengetahui keduanya bisa melalui menu *Tools>Board* dan *Tools>Port*.

### 2. *Library*

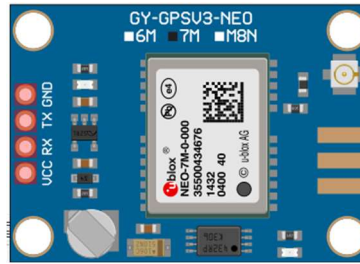
*Library* atau pustaka adalah *file* yang memberikan fungsi ekstra dari *sketch* yang dibuat. Di dalam Arduino sendiri sudah *include* beberapa *library* yang berfungsi untuk melakukan proses tertentu. Selain itu, pengguna juga bisa menambahkan *library* eksternal untuk memperkaya *library* yang ada di dalam Arduino IDE. Untuk menambahkan *library* eksternal cukup mudah. Bisa melalui fitur *Library Manager*, *Import file .zip*, atau menyalin secara manual di folder *libraries* pada *directory* Arduino.

### 3. *Serial Monitor*

Merupakan suatu kotak dialog yang menunjukkan proses pertukaran data antara arduino dan komputer selama beroperasi. Sehingga *serial monitor* bisa digunakan untuk menampilkan hasil operasi atau pesan *error debugging*. *Serial monitor* juga digunakan untuk mengirim data dari komputer ke Arduino dengan cara menuliskan pesan pada *text box* dan menekan tombol *Send* [9].

## 2.2.6 *Global Positioning System (GPS)*

*Global Positioning System (GPS)* adalah teknologi dengan sistem navigasi menggunakan satelit yang diciptakan untuk membantu dalam mengetahui atau mendapatkan informasi dan posisi secara cepat di seluruh tempat di penjuru bumi kapanpun itu dengan kondisi apapun.



Gambar 2.5 Sensor GPS tipe Ublox Neo 7M.

GPS dapat membantu dan mempermudah manusia dalam kegiatan sehari-hari, seperti untuk mengetahui posisi dengan cepat, menentukan rute perjalanan, mengetahui ketinggian suatu tempat, bahkan untuk melihat situasi lalu lintas terkini. Dikatakan sistem pelacak posisi karena dengan alat ini kita dapat mengetahui koordinat di mana kita berada atau koordinat lokasi yang ingin kita ketahui dengan bantuan dari satelit navigasi [1].

### 2.2.7 Parameter Pengujian LoRa

#### a. *Received Signal Strength Indicator* (RSSI)

RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur indikator kekuatan sinyal yang diterima oleh sebuah perangkat wireless. Pengukuran dilakukan berdasarkan signal strength yang diterima, hal ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keakurasian pengukuran dan perhitungan dengan menggunakan komunikasi wireless. Semakin jauh jarak pancar, sinyal yang diterima akan semakin lemah dan pengiriman data akan semakin lama.

RSSI digunakan sebagai indeks yang menunjukkan kekuatan sinyal yang diterima oleh *receiver* dari *transmitter*. Satuan kekuatan signal *wireless* ditunjukkan dengan satuan *decibel miliwatt* (dBm). Sinyal yang diterima akan bagus jika nilai RSSI yang dihasilkan mendekati 0. Nilai RSSI berupa nilai negatif. Standarisasi *signal strength* menurut THIPHON ditunjukkan pada tabel 2.2 di bawah ini [10]:

Tabel 2.2 Standar Signal Strength menurut TIPHON.

Kategori RSSI	<i>Signal Strength</i> (dBm)
Sangat Bagus	< -70 dBm
Bagus	-70 dBm s/d -85 dBm
Sedang	-86 dBm s/d -100 dBm
Buruk	-100 dBm



b. *Signal to Noise Ratio* (SNR)

SNR (*Signal to Noise Ratio*) adalah besarnya rasio/perbandingan antara daya sinyal utama dan daya *noise*/derau yang mengganggu sinyal utama. Semakin besar nilai SNR maka semakin tinggi kualitas jaringan dan semakin baik, karena terdapat lebih banyak sinyal daripada *noise*. Satuan ukuran SNR adalah *decibel* (dB). Persamaan SNR [10]:

$$SNR (dB) = 10 \log_{10}(S/N) \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

S = Daya sinyal (dB)

N = Daya noise (dB)

Tabel 2.3 Standar Signal To Noise Rasio menurut TIPHON.

<b>Kategori SNR</b>	<b>SNR (dB)</b>
<i>Outstanding</i> (sangat bagus)	> 29 dB
<i>Excellent</i> (bagus)	20.0 dB s/d 28 dB
<i>Good</i> (baik)	11.0 dB s/d 19.9 dB
<i>Fair</i> (cukup)	7.0 dB s/d 10.9 dB
<i>Bad</i> (buruk)	< 6.9 dB

c. *Packet loss* (Paket Hilang)

*Packet loss* adalah parameter yang menggambarkan kondisi jumlah dari paket yang hilang. Ini dapat terjadi dikarenakan *collision* dan *congestion* pada jaringan. Persamaan Perhitungan *Packet loss* [10]:

$$Packetloss = \frac{\text{Paket Data Dikirim} - \text{Paket Data Diterima}}{\text{Paket Data yang Dikirim}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Tabel 2.4 Standarisasi *Packet Loss*.

<b>Kategori <i>Packetloss</i></b>	<b><i>Packetloss</i></b>	<b>Indeks</b>
Sangat Bagus	0%	4
Bagus	3%	3
Sedang	15%	2
Jelek	25%	1