

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian [5] membahas tentang perancangan, implementasi, pengujian, serta analisa yang dilakukan terhadap aplikasi *dashboard monitoring* LoRa. *Web dashboard monitoring* LoRa memiliki manfaat sebagai *monitoring* grafik suhu dari alat LoRa yang berada dalam bagan ikan terapung, sehingga aplikasi dapat dipantau oleh *admin* yang dapat memudahkan nelayan dalam memonitor bagan ikan terapung. *Monitoring web dashboard* LoRa dapat bekerja secara *real time*. Berdasarkan hasil pengujian akurasi kecepatan grafik didapatkan nilai sebesar 100%, dan pengujian kondisi nyata didapatkan dengan hasil normal. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *web dashboard monitoring* LoRa berjalan dengan baik.

Penelitian [6] membahas tentang pengiriman data berupa SOS, *latitude*, *longtitude*, *humidity* dan *temperature*. Sensor melakukan *sensing* pada bagan ikan dan data yang diperoleh oleh sensor tersebut akan dilakukan proses pada *mikrokontroler Arduino Uno*. Setelah dilakukan proses maka akan dikirim kepada LoRa *gateway* yang berada pada bibir pantai dalam bentuk *radio frequency connection*. LoRa *gateway* menerima data semua sensor dari LoRa sender dan melakukan proses pemisahan data berdasarkan data sensor yang digunakan. Setelah melakukan pemisahan data maka data langsung dikirim kepada database *online Firebase* dengan perangkat yang terhubung oleh *internet* dan pengiriman data secara *real-time*.

Penelitian [7] membahas tentang pengujian alat dengan pengambilan data. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jarak *optimum* yang dapat ditransmisikan sinyal melalui komunikasi LoRa dan mengetahui cara kerja alat saat pengiriman pesan dipengaruhi jarak. Dalam pengujian ini juga perlu mengamati kekuatan sinyalnya yaitu nilai dari RSSI (*Received Signal Strength Indicators*). Nilai dari RSSI dinyatakan dalam satuan dBm (*desibel miliwatt*) dan nilai tersebut merupakan nilai bilangan negatif.

Dengan nilai maksimumnya adalah -30 dBm. Sedangkan nilai minimumnya adalah -120 dBm. Semakin mendekati dengan angka 0 atau menuju angka positif, maka kualitas sinyal semakin bagus. namun semakin mendekati angka -120 dBm maka kualitas sinyal semakin buruk.

Penelitian [8] membahas tentang sistem monitoring komunikasi LoRa pada bagan ikan terapung menggunakan aplikasi android. Penelitian ini untuk memudahkan nelayan yang berada di darat untuk memantau bagan ikan yang berada di laut dengan mudah. Supaya pemantauan dapat dilakukan secara *mobile*, maka dipergunakanlah aplikasi *Android* dengan menggunakan protokol komunikasi LoRa.

Hal yang dipantau adalah lokasi keberadaan bagan ikan apung yang ingin dilakukan pemantauan. Data lokasi yang dikirim berupa koordinat GPS dari bagan ikan apung yang dilakukan pemantauan. Skema penerimaan data berasal dari *Firebase Real-Time*, kemudian data tersebut diolah oleh *Google Maps API* untuk menampilkan posisi titik koordinat bagan ikan apung. Dari hal tersebut akhirnya dibuat aplikasi berbasis *Android* dengan nama aplikasi *MyLora* yang berfungsi untuk melakukan pemantauan bagan ikan apung.

Penelitian [9] membahas tentang bagaimana cara membuat dan merancang suatu alat mikrokontroler *arduino uno* agar dapat mensimulasikan penarik jaring dan penyalaan lampu pada bagan tancap nelayan agar dapat membantu meringankan nelayan dengan cara yang lebih efektif dalam mengaplikasikannya. Penelitian ini menggunakan Mikrokontroler *Arduino Uno* dan terdapat lampu LED sebagai penerangan dan Motor DC *Gear Box* sebagai kontrol naik turun jala atau jaring.

2.2 Dasar Teori

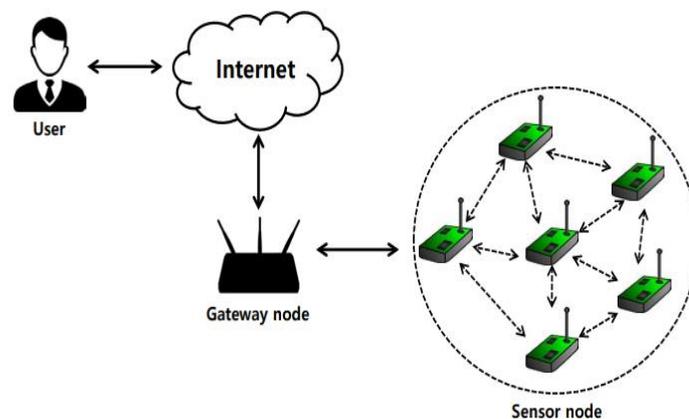
2.2.1 *Wireless Sensor Network* (WSN)

Wireless Sensor Network (WSN) adalah jaringan nirkabel yang terdiri dari perangkat otonom yang didistribusikan secara spasial yang menggunakan sensor untuk memantau kondisi fisik atau lingkungan secara kooperatif seperti suhu, suara, getaran, tekanan, gerakan, atau polutan di lokasi yang berbeda. Tujuan dari *Wireless Sensor Network* (WSN) adalah untuk mengumpulkan dan memproses data dari *domain* target dan mengirimkan

informasi kembali ke situs tertentu. Teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN) adalah teknologi baru yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi potensial termasuk pada, perawatan biomedis, aplikasi militer, pengawasan lalu lintas, deteksi kebakaran, pemantauan struktural dan gempa, kontrol industri, dan operasi penyelamatan. Jaringan seperti itu biasanya terdiri dari sejumlah *node* sensor tanpa kabel yang menyusun diri menjadi jaringan *multi hop*.

Setiap *node* terdiri dari satu atau lebih sensor, *transceiver* radio berdaya rendah atau perangkat komunikasi nirkabel lainnya, *prosesor* tertanam, dan sumber energi, biasanya baterai. Ukuran *node* nirkabel dapat bervariasi dari ukuran kotak sepatu, hingga ukuran sebutir debu, dan biaya bervariasi tergantung ukurannya. Kendala ukuran dan biaya ini menghasilkan kendala yang sesuai pada sumber daya *node*, termasuk energi, memori, kecepatan komputasi, dan *bandwidth* [10].

Pada Gambar 2.1 memperlihatkan arsitektur pada *Wireless Sensor Network* (WSN) yang dimana sensor saling terhubung ke *gateway node* yang dimana *gateway node* berfungsi sebagai penghubung antara *user* ke sensor melalui *internet*.



Gambar 2.1 Arsitektur *Wireless Sensor Network* (WSN) [11].

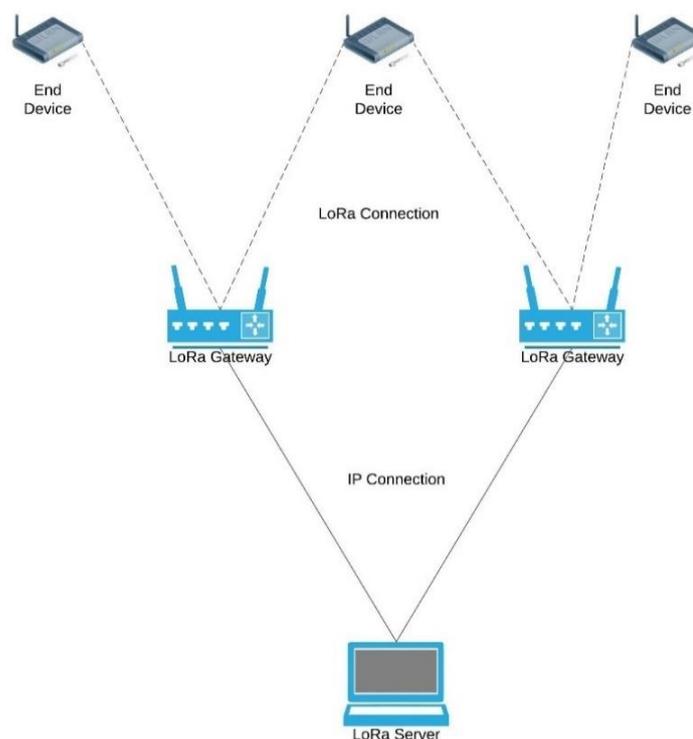
2.2.2 Long Range (LoRa)

Long Range (LoRa) adalah teknologi modulasi Radio *Frequency* (RF) untuk jaringan area luas *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) berdaya rendah. Nama LoRa mengacu pada tautan data jarak jauh yang dibuat oleh *Semtech Corporation* untuk memproses *Low Power Wide Area*

Network (LPWAN), LoRa menyediakan komunikasi jarak jauh hingga 3 *mil* (tiga kilometer) di daerah perkotaan, dan hingga 10 *mil* (sepuluh kilometer) atau lebih di daerah pedesaan. Karakteristik utama dari solusi berbasis LoRa adalah kebutuhan daya yang sangat rendah, yang memungkinkan pembuatan perangkat yang dioperasikan dengan baterai yang dapat bertahan hingga 10 tahun. Diterapkan dalam topologi *star*, jaringan berbasis protokol LoRa *Wide Area Network* (WAN) terbuka sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan komunikasi jarak jauh atau *deep-in-building* di antara sejumlah besar perangkat yang memiliki kebutuhan daya rendah dan yang mengumpulkan data dalam jumlah kecil [12].

2.2.3 Arsitektur Jaringan LoRa

Pada dasarnya LoRa ialah sebuah protokol antar muka pada sebuah jaringan LoRaWAN yang menghubungkan sebuah LoRa *End Device* dan LoRa *Gateway*. Sehingga berdasarkan Gambar 2.2 Arsitektur jaringan LoRa terdiri dari LoRa *End Device*, LoRa *Gateway* dan *Network Server*.



Gambar 2.2 Arsitektur Jaringan LoRa [13].

Berikut penjelasan dari Gambar 2.2 Bagian-bagian arsitektur LoRa :

a. *End device*

End device berfungsi sebagai *interface* pengumpul 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*

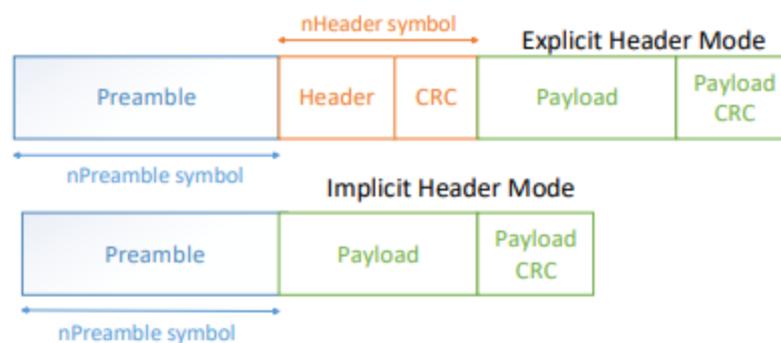
LoRa Gateway Merupakan suatu bagian penghubung antara *device* ke *network server* yang akan meneruskan paket yang dikirim dari *device* ke *network server*.

c. *LoRa Network Server*

Merupakan bagian dimana pemrosesan dilakukan *network server* untuk mengatur jaringan, memfilter paket yang diterima, *security check* dan mengatur *Adaptive Data Rate* (ADR). Sehingga pengguna dapat memantau kinerja alat secara *real time* [13].

2.2.4 Format *packet data* LoRa

Format *packet data* LoRa terdiri dari tiga komponen utama yaitu *Preamble*, *Header*, dan *Payload*. Terdapat dua jenis format *packet data* LoRa yaitu *Explicit header mode* dan *Implicit header mode* yang dapat dilihat pada Gambar 2.3. Pada jenis format *explicit header mode* terdapat *header* yang di dalamnya terdapat informasi *payload length*, *coding rate*.



Gambar 2.3 Format *Packet Data* LoRa [14].

Cyclic Redundancy Check (CRC) berfungsi untuk memeriksa *error* pada data digital. Sedangkan pada jenis *implicit header mode*, parameter

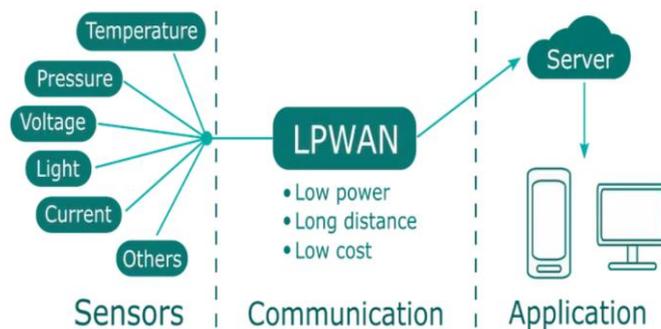
payload length, coding rate, dan CRC tidak disertakan pada *packet data*, dan akan mengurangi *Time On Air (TOA)* [14].

2.2.5 Low Power Wide Area Network (LPWAN)

Low Power Wide Area Network (LPWAN) non seluler telah menjadi teknologi komunikasi radio yang semakin populer karena mempunyai karakteristik sebagai teknologi komunikasi jarak jauh yang lebih murah dengan daya rendah khususnya untuk pengiriman data kecil. Teknologi LPWAN dirancang untuk memberikan cakupan area yang luas. Hal ini didapatkan dengan menggunakan pita frekuensi dibawah 1 GHz (*Sub-GHz band*) dan teknik modulasi khusus [15].

Penggunaan *Sub-GHz band* mempunyai kelebihan karena memiliki redaman propagasi yang lebih kecil dan beroperasi di wilayah frekuensi yang bukan wilayah sistem komunikasi radio pita lebar pada umumnya seperti *Wi-Fi, Bluetooth, Wi-Max* dan *Broadband Wireless Access* lainnya.

Hal ini memberikan keuntungan dalam meminimalisir interferensi. Teknologi modulasi yang digunakan LPWAN dirancang untuk mencapai *link budget* 150 dB sehingga mampu mencapai puluhan kilometer pada rural area. Mekanisme pengiriman data LPWAN juga memberikan kelebihan dimana menjadikan perangkat pengguna dapat beroperasi dengan konsumsi daya rendah dan juga menurunkan biaya operasional [16].



Gambar 2.4 Arsitektur Sederhana Pada Jaringan LPWAN [16]

Teknologi LPWAN dapat dibagi menjadi dua yaitu teknologi berbasis 3GPP dan teknologi *proprietary* atau *non 3GPP*.

Beberapa contoh teknologi 3GPP adalah LTE-M, EC-GSM dan NB-IoT. Sedangkan contoh teknologi *non* 3GPP adalah *SigFox*, *Ingenu* RPMA, *Wightless*, dan LoRaWAN.

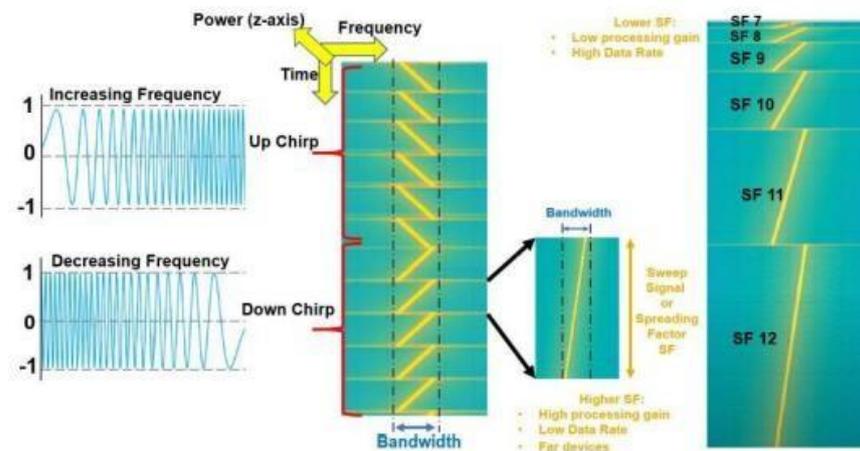
2.2.6 Protokol *Low Power Wide Area Network* (LPWAN)

LoRaWAN adalah protokol *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) yang distandarisasi oleh *LoRa Alliance*. LoRaWAN mendefinisikan protokol *Media Access Control* (MAC) untuk topologi *star* pada jarak jauh yang dioptimalkan untuk sensor yang dioperasikan dengan efisien dan mudah [17]. Ini mendukung kelas *node* yang berbeda untuk memperdagangkan *downlink* jaringan latensi komunikasi untuk masa pakai baterai yang lebih lama untuk melayani aplikasi yang berbeda. LoRaWAN terdiri dari beberapa komponen seperti *End Device*, *Gateway*, dan *Server*. *Gateway* menyampaikan pesan antara *end device* dan *server* jaringan pusat. Penggunaan *end device* komunikasi menggunakan nirkabel *single-hop* untuk berkomunikasi dengan data satu atau beberapa *gateway* [18].

2.2.7 Modulasi LoRaWAN

Modulasi adalah proses mengubah parameter sinyal pembawa sesuai dengan nilai dari sinyal modulasi (informasi yang membawa sinyal digital atau sinyal *analog*). *LoRa physical layer* menggunakan teknik modulasi *Spread Spectrum* yang didasarkan pada modulasi *Chirp Spread Spectrum*. *Chirp Spread Spectrum* (CSS) adalah teknik akses ganda spektrum tersebar yang dapat menampung banyak pengguna dalam satu saluran serentak.

Teknik *spread spectrum* merupakan teknik modulasi eksklusif yang disediakan oleh Semtech. Cakupan yang luas dapat dimungkinkan karena penggunaan CSS yang memiliki sensitivitas penerima yang 14 rendah. Selain itu juga memiliki keuntungan dimana dapat menggunakan *link budget* yang lebih besar, lebih tahan terhadap *interference*, performa pada *low power communication link*, dan tahan terhadap *multi-path* dan *fading* (kombinasi dari *direct and reflected signals*) [19].



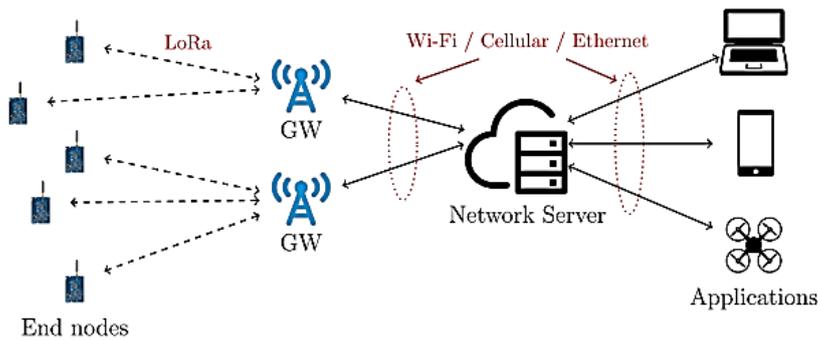
Gambar 2.5 LoRa Chirp Spread Spectrum Illustration [19].

Pada Gambar 2.5 terdapat 2 jenis *chirp* yaitu *up-chirp* (meningkatnya frekuensi dari rendah ke tinggi) dan *down chirp* (menurunnya frekuensi dari tinggi ke rendah). Keuntungan dari metode ini adalah pengaturan waktu dan frekuensi antara pemancar dan penerima setara, sehingga sangat mengurangi kompleksitas desain penerima. *Bandwidth* frekuensi *chirp* ini setara dengan *bandwidth* spektral sinyal.

Sinyal data yang membawa data dari perangkat akhir ke *gateway* terkelupas pada kecepatan data yang lebih tinggi dan dimodulasi ke sinyal pembawa *chirp*. Modulasi LoRa juga mencakup skema koreksi kesalahan variabel yang meningkatkan ketahanan sinyal yang ditransmisikan. Untuk setiap empat *bit* informasi yang dikirim, *bit* kelima dari informasi paritas dikirim [19].

2.2.8 Arsitektur Jaringan LoRaWAN

Arsitektur Jaringan LoRaWAN sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2.6 adalah arsitektur jaringan yang merupakan arsitektur sederhana pada jaringan LoRaWAN yang menggunakan topologi *star* untuk membangun LoRaWAN, dimana pada topologi ini memungkinkan *device* untuk bekerja menggunakan baterai dengan jangka waktu lama dibandingkan topologi *mesh network*.



Gambar 2.6 Arsitektur Jaringan LoRaWAN [20].

Beberapa *gateway* dalam jangkauan *network* LoRa akan menerima data dari *device*. Data yang diterima *gateway* akan diteruskan oleh paket yang diterima dari *device* ke *network server* yang ada di *cloud* melalui *backhaul* seperti *ethernet*, *Wifi*, satelit ataupun seluler. Pemrosesan tersebut akan dilakukan di level *network server* yang mengatur jaringan, menyaring data yang di terima, dan akan meneruskannya ke *application server*. *Handover* antar *gateway* tidak diperlukan saat *device* bergerak, hal ini merupakan *feature* yang penting karena untuk menjamin aplikasi LoraWAN seperti *asset tracking* untuk menjadi salah satu target utama vertikal IoT LoraWAN [20].

2.2.9 Parameter Jaringan LoRaWAN

Parameter sangat berpengaruh terhadap kinerja dari LoRa. Parameter-parameter berikut yang menjadi acuan dalam penelitian ini, antara lain:

1. *Spreading Factor* (SF)

Spreading Factor (SF) dapat diartikan banyaknya *bit* pada 1 *symbol*. *Spreading factor* yang lebih tinggi meningkatkan *Signal to Interference Noise Ratio* (SINR), sensitivitas, dan jangkauan, tetapi juga meningkatkan *airtime* paket. Nilai *Spreading Factor* pada LoRa terdiri dari SF 7 sampai dengan SF 12, tiap nomor pada SF merepresentasikan *chips* yang dimodulasi per simbol [21].

Tabel 2.1 Range Parameter *Spreading Factor* [21]

SF	Chip/Symbol	SNR Limit	Time on Air	Bitrate
7	128	-7,5	56 ms	5469 bps
8	256	-10	103 ms	3125 bps

SF	Chip/Symbol	SNR Limit	Time on Air	Bitrate
9	512	-12,5	205 ms	1758 bps
10	1024	-15	371 ms	977 bps
11	2048	-17,5	741 ms	537 bps
12	4096	-20	1483 ms	293 bps

Spreading factor menentukan berapa banyak *chip* untuk merepresentasikan sebuah simbol, terdiri dari *chip* n dimana nilai SF berkisar antara 7 sampai 12. Untuk persamaan SF yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 yang dimana merupakan standarisasi TIPHON yang dikeluarkan oleh badan standar ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) pada persamaan 2.1 [21]:

$$N = 2^{\{SF\}} \quad (2.1)$$

Keterangan:

N = *chip/symbol*

SF = *spreading factor*

2. Coding Rate (CR)

Code Rate adalah implementasi modulasi LoRa juga menambahkan *forward error correction* (FEC), dengan menggunakan *end code* 4 bit data dengan redundansi menjadi 5, 6, 7 dan 8 bit menggunakan redundansi ini membuat sinyal LoRa lebih tahan terhadap interferensi yang singkat, nilai *Code Rate* perlu diatur sesuai dengan kondisi kanal yang dipakai, jika terdapat banyak interferensi sebaiknya nilai CR ditingkatkan. Namun perlu diperhatikan bahwa kenaikan nilai CR juga meningkatkan waktu transmisi. Perhitungan *Coding Rate* ditunjukkan pada persamaan 2.2 [22]:

$$CR = 4 \frac{4}{4+4n} \quad (2.2)$$

Keterangan:

CR = *code rate*

n = nilai *code rate* (1,2,3)

3. Bandwith (BW)

Bandwidth adalah lebar frekuensi dalam pita transmisi. *Bandwidth* yang lebih tinggi memberikan sehingga kecepatan data lebih tinggi (waktu lebih pendek pada proses transmisi), tetapi sensitivitasnya lebih rendah (karena integrasi kebisingan tambahan). *Bandwidth* yang lebih rendah memiliki sensitivitas tinggi, tetapi kecepatan data lebih rendah.

Tabel 2.2 Bandwith [22]

<i>Bandwidth</i>	<i>Spreading Factor</i>	<i>Code Rate</i>
125 kHz	7	4/5
	8	
	9	
	10	
	11	
	12	
125 kHz	7	4/6
	8	
	9	
	10	
	11	
	12	
125 kHz	7	4/7
	8	
	9	
	10	
	11	
	12	
125 kHz	7	4/8
	8	
	9	
	10	
	11	
	12	

Data dikirim pada tingkat *chip* sama dengan *bandwidth*, *bandwidth* yang sesuai 125 kHz ke tingkat *chip* 125 Kbps. Meskipun *bandwidth* dapat dipilih dalam kisaran 7,8 kHz hingga 500 kHz, sebuah LoRa beroperasi pada 500 kHz, 250 kHz atau 125 kHz (BW500, BW250 dan BW125) [22].

4. Received Signal Strength Indicator (RSSI)

Received Signal Strength Indicator (RSSI) adalah parameter untuk mengukur indikator kekuatan sinyal yang diterima. Nilai RSSI sangat bergantung pada kondisi lingkungan yaitu jarak dan penghalang, semakin jauh dan semakin banyak penghalangnya maka nilai RSSI akan menurun. Hal ini dapat mempengaruhi kinerja dari LoRa, untuk mengetahui nilai rata-rata RSSI dapat dilihat pada Tabel 2.3 yang dimana merupakan standarisasi TIPHON yang dikeluarkan oleh badan standar ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) [23].

Tabel 2.3 Range Parameter RSSI [23]

Kategori	Signal Strength (dBm)
Sangat Bagus	<-70 dBm
Bagus	-70 s/d -85 dBm
Baik	-86 s/d -100 dBm
Cukup	-87 s/d -100 dBm
Buruk	>-100 dBm

5. Signal to Noise Ratio (SNR)

Signal Noise Ratio (SNR) adalah daya sinyal yang diterima oleh *user* dengan kekuatan derau (*noise*). Semakin besar nilai SNR maka semakin besar daya yang diperoleh *user*, untuk mengetahui nilai rata-rata SNR dapat dilihat pada Tabel 2.4 yang dimana merupakan standarisasi TIPHON yang dikeluarkan oleh badan standar ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) [23].

Tabel 2.4 Range Parameter SNR [23]

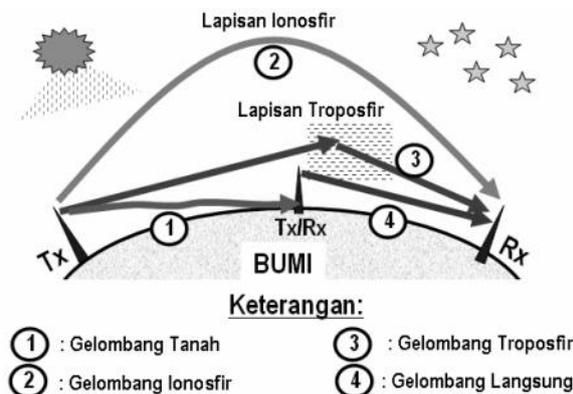
Kategori	SNR (dB)
Sangat Bagus	>29 dB
Bagus	20 s/d 28 dB
Kategori	SNR (dB)

Baik	11 s/d 19,9 dB
Cukup	7 s/d 10 dB
Buruk	<6,9 dB

2.2.10 Propagasi Gelombang Radio

Dalam pentransmisiian sinyal informasi dari satu tempat ke tempat lain dapat dilakukan melalui beberapa media, baik media fisik, yang berupa kabel/kawat (*wire*) maupun media *non*-fisik (bukan kabel/kawat), yang lebih dikenal dengan *wireless*, seperti halnya udara bebas. Dengan beberapa pertimbangan teknis dan terutama ekonomis, untuk komunikasi pentransmisiian gelombang dalam jarak yang jauh, akan lebih efisien apabila menggunakan udara bebas sebagai media transmisiinya.

Hal ini memungkinkan karena gelombang radio atau RF (*radio frequency*) akan diradiasikan oleh antena sebagai *matching device* antara sistem pemancar dan udara bebas dalam bentuk radiasi gelombang elektromagnetik. Gelombang ini merambat atau berpropagasi melalui udara dari antena pemancar ke antena penerima yang jaraknya bisa mencapai beberapa kilometer, bahkan ratusan sampai ribuan kilometer [24].

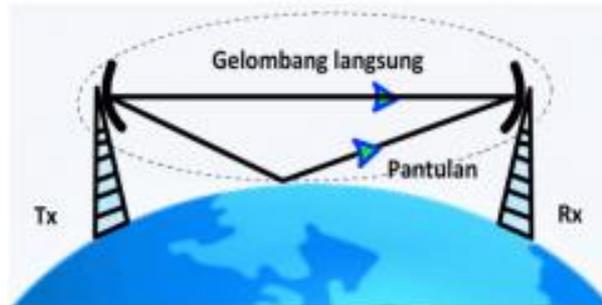


Gambar 2.7 Mekanisme Propagasi Gelombang Radio [24].

Propagasi *line of sight*, disebut dengan propagasi dengan gelombang langsung (*direct wave*), karena gelombang yang terpancar dari antena pemancar langsung berpropagasi menuju antena penerima dan tidak merambat di atas permukaan tanah.

Oleh karena itu, permukaan bumi/tanah tidak meresamnya. Selain itu, gelombang jenis ini disebut juga dengan gelombang ruang (*space wave*),

karena dapat menembus lapisan ionosfir dan berpropagasi di ruang angkasa [25].

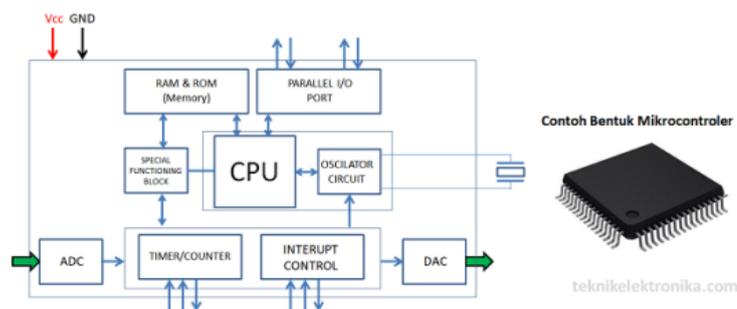


Gambar 2.8 Daerah *Freshnel* di sekitar lintasan langsung [25].

Propagasi jenis ini garis pandang merupakan andalan sistem telekomunikasi masa kini dan yang akan datang, karena dapat menyediakan kanal informasi yang lebih besar dan keandalan yang lebih tinggi, dan tidak dipengaruhi oleh fenomena perubahan alam, seperti pada propagasi gelombang langit pada umumnya. Band frekuensi yang digunakan pada jenis propagasi ini sangat lebar, yaitu meliputi band VHF (30 – 300 MHz), UHF (0,3 – 3 GHz), SHF (3 – 30 GHz) dan EHF (30 – 300 GHz), yang sering dikenal dengan band gelombang mikro (*microwave*) [25].

2.2.11 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil yang dikemas dalam bentuk *chip IC (Integrated Circuit)* dan dirancang untuk melakukan tugas atau operasi tertentu. Pada dasarnya, sebuah IC Mikrokontroler terdiri dari satu atau lebih Inti *Prosesor (CPU)*, Memori (RAM dan ROM) serta perangkat *INPUT* dan *OUTPUT* yang dapat diprogram. Diagram blok dan struktur mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 2.9 [26].



Gambar 2.9 Diagram Blok dan Struktur Mikrokontroler [26].

Dalam pengaplikasiannya, Pengendali Mikro yang dalam bahasa Inggris disebut dengan *Microcontroller* ini digunakan dalam produk ataupun perangkat yang dikendalikan secara otomatis seperti sistem kontrol mesin mobil, perangkat medis, pengendali jarak jauh, mesin, peralatan listrik, mainan dan perangkat-perangkat yang menggunakan sistem tertanam lainnya [26].

2.2.12 Antena

Antena adalah perangkat media transmisi nirkabel (*wireless*) yang memanfaatkan udara atau ruang bebas sebagai media penghantar. Antena juga didefinisikan sebagai sebuah atau sekelompok konduktor yang digunakan untuk memancarkan atau meneruskan gelombang elektromagnetik menuju ruang bebas atau menangkap gelombang [27]. Antena memiliki peranan penting dalam telekomunikasi radio untuk dapat menentukan jarak suatu pancaran. Gelombang pemandu yang dipancarkan berjalan sepanjang jalur transmisi, kemudian diradiasikan menjadi gelombang ruang bebas [28].



Gambar 2.10 Antena Sebagai Pengirim dan Penerima [28].

Dari pengertian antena tersebut, dapat diketahui ada dua kegunaan antena yaitu:

1. Memancarkan sinyal gelombang elektromagnetik (*Transmitter*)
Antena merubah energi elektromagnetik terbimbing menjadi gelombang elektromagnetik ruang bebas (gelombang *mikro*).
2. Menerima sinyal gelombang elektromagnetik (*Receiver*)
Antena merubah gelombang elektromagnetik ruang bebas menjadi energi elektromagnetik terbimbing. daya elektronik atau arus listrik

untuk proses transmisi karena fungsinya yang digunakan sebagai penguat sinyal [28].

2.2.13 Gain Antena

Gain adalah perbandingan antara rapat daya persatuan unit antena terhadap rapat daya antena *referensi* dalam arah dan daya masukan yang sama. *Gain* juga dapat dimaksudkan sebagai penguatan antena terhadap sinyal hasil tangkapan ataupun sinyal hasil pancaran Untuk menentukan *Gain* Antena dapat dilihat pada persamaan 2.5 [29].

$$Pr = PtGrGt\left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 \quad (2.5)$$

Keterangan:

Pr = *Power*/daya

Pt = *Power transmit*

Gr = *Gain receiver*

Gt = *Gain transmitter*

λ = Panjang gelombang

d = Jarak

daya yang diterima oleh antena (Pr) ditempatkan pada jarak (d) dari antena pemancar dengan jumlah yang diketahui ditransmisikan daya (Pt) Gt merupakan *Gain* dari antena pemancar, Gr adalah *Gain* dari antena penerima dan λ adalah panjang gelombang. Kebalikan dari faktor yang berada dalam tanda kurung disebut sebagai *free space loss* [29].

2.2.14 Free Space Loss (FSL)

Free Space Loss atau disebut juga sebagai redaman ruang bebas adalah redaman yang sepanjang ruang antara antena pemancar dan penerima. Untuk keadaan atau posisi *transmitter* dengan *receiver* berada berada pada zona *line off sight* (LOS) yaitu tanpa adanya halangan. Besarnya FSL dapat dihitung dengan Persamaan 2.6 [30].

$$\begin{aligned} \text{FSL} &= 10 \log \left(\frac{4\pi d f_{\text{Mhz}} \times 1 \times 10^9}{3 \times 10^8} \right)^2 \\ &= 20 \log \left(\frac{4\pi \times 10}{3} \right) + 20 \log f(\text{Mhz}) + 20 \log d(\text{Km}) \\ &= 32.45 + 20 \log f(\text{Mhz}) + 20 \log d(\text{Km}) \end{aligned} \quad (2.6)$$

Keterangan:

d = jarak antara *transmitter* dan *receiver* (Km)

f = frekuensi (MHz)

2.2.15 *Receive signal level (RSL)*

Receive signal level merupakan indikator seberapa baik sinyal radio dapat menerima informasi yang di kirimkan pengirim ke penerima, angka RSL selalu diawali dengan tanda minus (-). Semakin mendekati angka nol, maka semakin kuat sinyal yang diterima. Nilai RSL dapat dihitung dengan Persamaan 2.7 [31].

$$RSL = Tx\ Power(dB) - Tx\ Cable\ Loss(dBi) + Tx\ Antenna\ Gain - FSL + Rx\ Antenna\ Gain - Rx\ Cable\ Loss \quad (2.7)$$

Keterangan:

Tx = *Transmitter*

Rx = *Receiver*

FSL = *Free Space Loss*

2.2.16 *Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP)*

Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP) adalah pengukuran daya yang terpancar dari antena *isotropic* dalam satu arah. Antena *isotropic* memancarkan daya dengan intensitas yang sama ke segala arah. Antena *Isotropic* sendiri memiliki efisiensi 100%. Dianalogikan seperti manusia yang ingin menyampaikan informasi dengan manusia lain yang jaraknya berjauhan. Manusia tersebut pasti akan memperkuat suaranya. Semakin besar usaha memperkuat suara, semakin besar pula suara yang dihasilkan. Dalam memperkuat suara pasti ada titik maksimum. Perhitungan EIRP tertera pada persamaan 2.8 [32]:

$$EIRP = Tx\ Power\ (dBm) - Tx\ Loss + Gain\ Antenna\ (dBi) \quad (2.8)$$

Keterangan:

Tx = *Transmitter*

2.2.17 *Maximum Allowable Path Loss (MAPL)*

Maximum Allowable Path Loss (MAPL) adalah batas maksimum kehilangan daya yang dapat ditoleransi dalam suatu sistem komunikasi nirkabel antara pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Dengan kata lain, jumlah maksimum kehilangan sinyal yang dapat terjadi selama

transmisi dengan tetap mempertahankan tingkat kualitas sinyal yang dapat diterima. Dalam konteks perencanaan jaringan komunikasi nirkabel, MAPL digunakan untuk menentukan jarak maksimum antara stasiun pemancar dan penerima dengan memperhitungkan semua faktor yang dapat menyebabkan penurunan kekuatan sinyal, seperti redaman, penyebaran, dan *interferensi*. Dengan menetapkan nilai MAPL yang sesuai, maka dapat merancang jaringan komunikasi dengan kondisi lingkungan dan kualitas layanan yang diinginkan [33]. Persamaan untuk memperoleh *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) dapat dihitung dengan Persamaan 2.9 [34]:

$$MAPL = EIRP - Sensitivity \quad (2.9)$$

2.2.18 Link Budget

Perhitungan *link budget* merupakan perhitungan level daya yang dilakukan untuk memastikan bahwa level daya penerimaan lebih besar atau sama dengan level daya yang dikirimkan. Tujuannya untuk menjaga keseimbangan *gain* dan *loss* dari antenna *Transmitter* (Tx) ke antenna *Receiver* (Rx) [35]. Pada perhitungan *Link Budget* dapat menentukan kekuatan (*gain*) dan redaman (*Loss*) dari pemancar (*Transmitter*), ke penerima (*Receiver*) dengan memasukkan parameter-parameter tertentu Untuk menentukan *Link Budget* dapat dilihat pada persamaan 2.10 [36]:

$$RxPower = TxPower(dB) + Gain(dBi) + Total Path Loss(dB) \quad (2.10)$$