

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Kekuatan Sinyal	18
Tabel 3.1 Koneksi antar <i>device</i> pada alat transmisi data	24
Tabel 3.2 Spesifikasi NodeMCU ESP8266	25
Tabel 3.3 Spesifikasi LoRa RFM95	26
Tabel 3.4 Spesifikasi Arduino Mega 2560	27
Tabel 3.5 Spesifikasi Antena LoRa	28
Tabel 3.6 Spesifikasi Modem Wi-Fi Portabel	29
Tabel 3.7 Spesifikasi Arsitektur IoT	31
Tabel 4.1 Perubahan RSSI Terhadap Jarak	37
Tabel 4.2 Waktu yang Dibutuhkan untuk 10 Pengiriman Menggunakan ESP8266	40
Tabel 4.3 Perbandingan Kualitas Data	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai adalah tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sungai [1]. Sungai juga bisa diartikan sebagai bagian permukaan bumi yang letaknya lebih rendah dari tanah disekitarnya dan menjadi tempat mengalirnya air tawar menuju ke laut, danau, rawa atau ke sungai yang lain. Sungai adalah bagian dari permukaan bumi yang karena sifatnya, menjadi tempat air mengalir [2].

Daerah Aliran Sungai Citarum merupakan penyumbang sampah ke laut terbesar di Indonesia, rata-rata ada sekitar kurang lebih 500 kilogram sampah per hari yang berada di setiap 37 jaring sampah yang tersebar di sungai tersebut. Dengan jumlah sampah tersebut, ada kurang lebih 18,5 ton sampah per hari yang dibuang ke 33 anak Sungai Citarum di wilayah Kota Bandung[3]. Penyumbang besar pencemaran sungai tersebut di antaranya adalah sampah domestik, limbah industri, sampah perikanan, sampah peternakan, dan sampah pertanian. Pencemaran tersebut disebabkan oleh kurang lebih 500 pabrik yang berdiri di sekitar DAS Citarum serta penduduk yang tinggal di sekitar sungai dan anak sungai. Sampah-sampah tersebut mengubah struktur dasar Sungai Citarum menjadi lebih dangkal dan mengubah alirannya menjadi lebih lambat. Kualitas air Sungai Citarum yang kian memburuk ini menyebabkan hanya 9 dari 23 spesies ikan asli Citarum yang dapat bertahan hingga tahun 2008 [4]. Selain itu, sampah yang mengapung maupun mengendap di Sungai Citarum dapat menyebabkan air sungai meluap ke permukiman penduduk sekitar pada musim hujan. Oleh karena itu, suatu sistem perlu dibuat untuk mencegah banjir terjadi akibat menumpuknya sampah di DAS Citarum.

Sistem monitoring penyaring sampah merupakan sebuah sistem yang dapat mendeteksi seberapa banyak sampah yang mengalir pada aliran sungai. Sistem ini memanfaatkan sensor *load cell* sebagai sensor utama. Sensor tersebut dipasang pada tali yang ada pada kedua ujung jaring sampah, dimana secara teori tegangan

tali akan semakin kuat seiring dengan bertambahnya volume sampah yang terbawa pada aliran sungai. Hasil dari perubahan tegangan tali tersebut kemudian akan diolah menggunakan mikrokontroler sehingga hasil pembacaan tegangan tali tersebut dapat diketahui oleh pengguna. Pengerjaan sistem monitoring ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu: sistem sensor, catu daya dengan solar panel dan pengiriman data.

Pada tugas akhir ini, penulis akan merancang sebuah sistem transmisi data untuk dipasangkan pada alat monitoring penyaring sampah dengan menggunakan dua buah metode pengiriman, yaitu melalui internet dengan menggunakan NodeMCU ESP8266 dan melalui gelombang radio dengan LoRa RFM95 pada frekuensi 915 MHz. Perangkat yang digunakan terdiri dari Arduino Mega 2560 sebagai pengontrol utama yang terhubung dengan NodeMCU ESP8266 sebagai IoT *gateway* dan LoRa RFM95 sebagai modul pengiriman sinyal radio. Blynk dan PuTTY berfungsi sebagai media penampil dan penyimpanan hasil pengiriman data. Dengan menggunakan alat ini, pengguna akan terbantu dalam memantau sampah yang berada pada jaring di sungai tanpa harus datang ke lokasi serta melakukan penimbangan secara manual. Pengguna yang dimaksud adalah petugas yang bertugas untuk melakukan pemantauan dan pengangkutan sampah pada sektor 6 program Citarum Harum. Alat ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut, seperti pengembangan alat dengan metode pengiriman yang lainnya.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara merancang perangkat keras untuk pengiriman data hasil pembacaan sensor pada sistem monitoring?
2. Berapa jarak maksimal, waktu, dan tingkat keberhasilan pengiriman data dari kedua metode yang digunakan pada sistem monitoring sungai?
3. Manakah yang lebih cocok diantara pengiriman menggunakan IoT dan LoRa untuk mengintegrasikan seluruh sistem agar dapat dimasukkan ke dalam *data display* di aplikasi *mobile* Android?
4. Berapa banyak konsumsi data internet yang diperlukan untuk melakukan pengiriman data dari sistem monitoring sungai?

1.3 Tujuan

1. Merancang perangkat keras yang dipasangkan pada sistem monitoring pada DAS Citarum yang dapat mengirimkan data dengan jarak 5 km.
2. Merancang perangkat keras untuk transmisi data yang dapat mengirimkan pembacaan sensor secara dengan waktu pengiriman maksimum 3000 ms per data.
3. Mengetahui pengaruh jarak antar *transceiver* terhadap kualitas pengukuran yang dilakukan.
4. Mengetahui penggunaan data internet pada sistem monitoring.

1.4 Batasan Masalah

1. Metode pengiriman data yang dilakukan adalah melalui Wi-Fi berbasis IoT dengan menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sinyal radio menggunakan LoRa RFM95 dengan frekuensi 915 MHz
2. Data sensor yang dikirimkan adalah pembacaan tegangan tali dari sensor Load Cell HX711 yang dipasangkan pada anak sungai DAS Citarum Sektor 6.
3. Perangkat yang digunakan adalah perangkat komunikasi pribadi yang terpasang dengan aplikasi platform digital Blynk dan aplikasi monitor serial PuTTY sebagai media penampil hasil pembacaan tegangan tali pada sensor Load Cell HX711.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk memahami lebih jelas mengenai penelitian ini, maka materi-materi yang tertera pada tugas akhir ini dikelompokkan menjadi beberapa bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan

Isi pendahuluan antara lain adalah latar belakang, tujuan, identifikasi masalah, dan metode penelitian yang dipaparkan secara tersirat.

2. Bab II Tinjauan Pustaka

Isi tinjauan pustaka memuat penjelasan mengenai proses pengiriman data melalui IoT dan sinyal radio, prinsip kerja dari komponen yang digunakan, dan deskripsi perangkat IoT serta *display* yang digunakan pada sistem transmisi data untuk sistem monitoring penyaring sampah berbasis IoT dan LoRa pada daerah aliran sungai ini.

3. Bab III Perancangan Sistem

Isi dari perancangan sistem memuat diagram alir dari sistem, desain perangkat keras, *wiring diagram*, spesifikasi komponen, desain topologi sinyal radio, desain UI/UX dari perangkat IoT, dan desain aplikasi yang digunakan sebagai penampil data.

4. Bab IV Hasil dan Pengujian

Isi dari hasil dan pengujian adalah hasil implementasi perangkat IoT dan sinyal radio, hasil pengujian jarak maksimal sistem transmisi data, perbandingan waktu pengiriman data dari perangkat IoT dan sinyal radio, penggunaan internet untuk unduh dan unggah, pengujian kualitas data yang dikirimkan, pengiriman data pada perangkat IoT, dan pengiriman data untuk ditampilkan pada *display*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai Citarum

Daerah aliran sungai merupakan daerah pada daratan yang berfungsi sebagai tempat berkumpulnya air hujan yang kemudian akan dialirkan ke area yang lebih rendah melalui sungai menuju badan air seperti laut atau reservoir air tanah di bawah permukaan bumi [5]. DAS Citarum merupakan daerah aliran air hujan di sekitar Sungai Citarum. DAS Citarum memiliki topografi yang digambarkan dalam bentuk lahan yang dibagi menjadi 3 bagian, yaitu bagian hulu, tengah, dan hilir. DAS Citarum bagian hulu dikenal sebagai Cekungan Bandung, dengan elevasi sekitar 625-2.600 mdpl. DAS Citarum bagian tengah memiliki empat morfologi, yaitu dataran (elevasi 250-400 mdpl), perbukitan bergelombang lemah (elevasi 200-800 mdpl), perbukitan terjal (elevasi 1.400-2400 mdpl), dan morfologi tubuh gunung api. DAS Citarum bagian hilir didominasi oleh dataran serta perbukitan bergelombang lemah dan terjal dengan elevasi yang bervariasi antara 200-1.200 mdpl [6].

DAS Citarum dibagi menjadi 23 sektor setelah diadakannya program Citarum Harum yang melibatkan pemerintah Provinsi Jawa Barat, aparat militer daerah serta pusat, dan melibatkan 19 kementerian serta lembaga-lembaga terkait [7]. Program Citarum Harum ini dibuat akibat adanya masalah-masalah yang terjadi di Sungai Citarum yang berdampak pada lingkungan. Masalah tersebut berupa adanya alih fungsi lahan hijau menjadi kebun atau terasering yang tidak dikelola dengan baik, limbah rumah tangga yang mencapai 3.000 ton/hari, konsentrasi dan jumlah limbah industri yang tinggi, kotoran hewan yang mencapai 65 ton/hari, dan kotoran manusia yang mencapai 35 ton/hari [7].

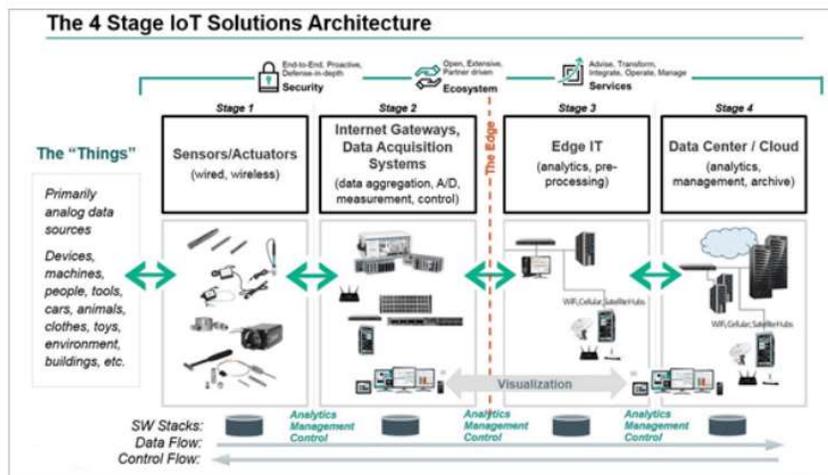
Sektor Citarum Harum yang menjadi lokasi penelitian ini adalah Sektor 6 dekat Jembatan Citarum, Kecamatan Baleendah, Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat. Sektor 6 Citarum Harum merupakan DAS Citarum yang melingkupi daerah Sapan sampai dengan Jembatan Citarum di Cijagra.

2.2 Sistem Monitoring Penyaring Sampah

Sistem monitoring penyaring sampah merupakan sebuah sistem yang dapat mendeteksi seberapa banyak sampah yang mengalir pada aliran sungai. Sistem ini memanfaatkan sensor *load cell* sebagai sensor utama. Sensor tersebut dipasangkan pada tali yang ada pada kedua ujung jaring sampah, dimana secara teori tegangan tali akan semakin kuat seiring dengan bertambahnya volume sampah yang terbawa pada aliran sungai. Hasil dari perubahan tegangan tali tersebut kemudian akan diolah menggunakan mikrokontroler sehingga hasil pembacaan tegangan tali tersebut dapat diketahui oleh pengguna.

2.3 Internet of Things

IoT atau *Internet of Things* adalah teknologi yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang memungkinkan kita untuk mengendalikan dan menerima informasi alat elektronik yang kita gunakan sehari-hari melalui jaringan internet [8]. Hal-hal yang penting dalam IoT ada di dalam arsitektur IoT yang terdiri dari 4 tahap yang dapat dilihat pada Gambar 2.1, yaitu: sensor atau aktuator, internet gateway, edge IT, dan yang terakhir adalah *cloud* atau *platformnya* [8].



Gambar 2.1 Arsitektur IoT

2.1.1 NodeMCU

NodeMCU merupakan modul Wi-Fi yang berfungsi sebagai perangkat tambahan mikrokontroler seperti Arduino agar dapat terhubung langsung dengan Wi-Fi dan membuat koneksi TCP/IP. Modul ini memiliki tiga mode Wi-Fi yaitu

Station, Access Point, dan Both. Fitur dan ruang lingkup sistem IoT dilengkapi dengan prosesor, memori, dan GPIO dimana jumlah pin bergantung pada jenis ESP8266 yang kita gunakan sehingga modul ini bisa berdiri sendiri tanpa menggunakan mikrokontroler apapun karena sudah memiliki perlengkapan layaknya mikrokontroler. *Firmware* bawaan yang digunakan oleh perangkat ini menggunakan *AT commands*. Selain itu, ada beberapa *firmware* SDK yang digunakan oleh perangkat ini yang berbasis *open source*, diantaranya adalah:

- a) Node MCU dengan menggunakan *basic programming lua*.
- b) MicroPython dengan menggunakan *basic programming python*.
- c) *AT commands* dengan menggunakan perintah-perintah *AT command*.

Untuk pemrogramannya, ESPlorer digunakan untuk *firmware* berbasis Node MCU dan menggunakan PuTTY sebagai *terminal control* untuk *AT commands* [9].

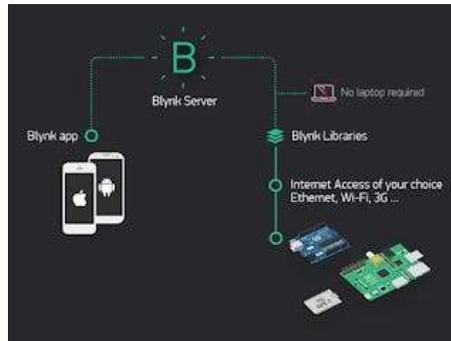


Gambar 2.2 NodeMCU ESP8266 [10]

2.1.2 Blynk

Blynk merupakan sebuah layanan server yang digunakan untuk mendukung proyek *Internet of Things*. Layanan server ini memiliki lingkungan pengguna ponsel cerdas, baik yang menggunakan sistem operasi Android maupun iOS. Blynk mendukung berbagai macam perangkat keras yang digunakan pada proyek *Internet of Things*. Blynk adalah *dashboard* digital dengan fasilitas antarmuka grafis dalam pembuatan *project*-nya. Penambahan komponen pada Blynk dengan cara *drag* dan *drop* sehingga memudahkan dalam penambahan komponen *input* atau *output* tanpa perlu kemampuan pemrograman Android maupun iOS. Blynk diciptakan dengan tujuan untuk mengontrol dan memantau perangkat lunak secara jarak jauh menggunakan komunikasi data internet ataupun intranet (jaringan LAN). Kemampuan untuk menyimpan data dan menampilkan data secara visual baik

menggunakan angka, warna ataupun grafis semakin memudahkan dalam pembuatan proyek IoT [11]. Berikut adalah gambar ilustrasi aplikasi Blynk:



Gambar 2.3 Ilustrasi dan Antarmuka Aplikasi Blynk [12]

Terdapat 3 komponen utama Blynk, yaitu:

a) Blynk Apps

Blynk Apps memungkinkan untuk membuat antarmuka proyek dengan berbagai macam komponen *input* dan *output* yang mendukung untuk pengiriman dan penerimaan data serta merepresentasikan data sesuai dengan komponen yang dipilih. Representasi data dapat berbentuk visual angka maupun grafik.

Terdapat 4 jenis kategori komponen yang terdapat pada aplikasi Blynk, yaitu:

- 1) *Controller* digunakan untuk mengirim data atau perintah ke *hardware*.
- 2) *Display* digunakan untuk menampilkan data yang berasal dari *hardware* ke smartphone.
- 3) *Notification* digunakan untuk mengirim pesan dan notifikasi.
- 4) *Interface* pengaturan tampilan pada aplikasi Blynk dapat berupa menu ataupun tab.
- 5) *Others* beberapa komponen yang tidak masuk dalam 3 kategori sebelumnya diantara *Bridge*, *RTC*, *Bluetooth*.

b) Blynk Server

Blynk Server merupakan fasilitas *backend service* berbasis *cloud* yang bertanggung jawab untuk mengatur komunikasi antara aplikasi ponsel cerdas dengan perangkat keras. Kemampuan untuk menangani puluhan perangkat keras pada saat bersamaan semakin memudahkan bagi para pengembang IoT. Blynk Server juga tersedia dalam bentuk *local server* apabila digunakan pada lingkungan tanpa internet. Blynk Server lokal bersifat *open source* dan dapat diimplementasikan pada perangkat keras seperti Raspberry Pi.

c) Blynk *Library*

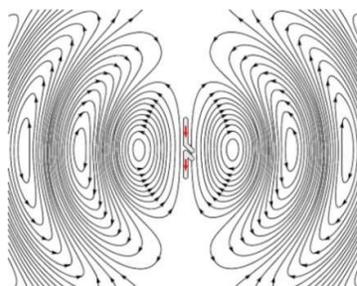
Blynk *Library* dapat digunakan untuk membantu pengembangan kode. Blynk *Library* tersedia pada banyak platform perangkat keras sehingga semakin memudahkan para pengembang IoT dengan fleksibilitas perangkat keras yang didukung oleh lingkungan Blynk.

2.4 Gelombang Radio

Gelombang radio merupakan sebuah radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang pada spektrum elektromagnetik yang lebih panjang daripada sinar inframerah [13]. Sinyal radio memiliki frekuensi paling rendah 30 Hz hingga tertingginya 30 gigahertz (GHz). Pada frekuensi 300 GHz, panjang gelombang yang sesuai adalah 1 mm lalu pada frekuensi 30 Hz panjang gelombangnya dapat mencapai 10.000 km. Seperti semua gelombang elektromagnetik lainnya, gelombang radio dapat bergerak dengan kecepatan cahaya jika berada dalam ruang hampa.

Sinyal radio dihasilkan dari pemancar dan diterima menggunakan antena. Sinyal radio banyak digunakan pada teknologi modern untuk komunikasi langsung, komunikasi *broadcast*, radar, navigasi, koneksi komputer nirkabel, dan komunikasi satelit.

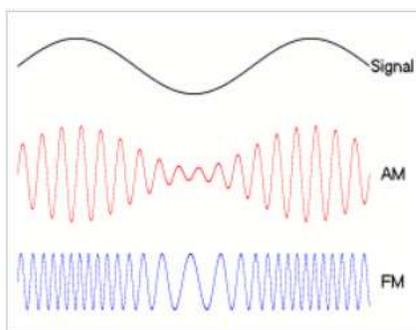
Untuk menghindari interferensi antara pengguna yang berbeda, penggunaan gelombang radio diatur oleh hukum yang dikoordinasikan oleh International Telecommunication Union (ITU).



Gambar 2.4 Ilustrasi Gelombang Radio [14]

2.3 Frekuensi Modulasi (FM)

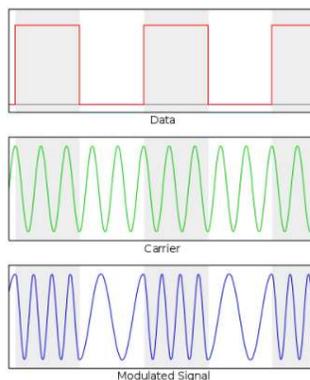
Frequency Modulation (FM) merupakan jenis *encoding* informasi dimana gelombang *carrier*-nya melakukan variasi dari frekuensi gelombangnya. Teknologi ini banyak digunakan dalam telekomunikasi, siaran radio, pemrosesan sinyal, dan perhitungan.



Gambar 2.5 Perbedaan AM dan FM [15]

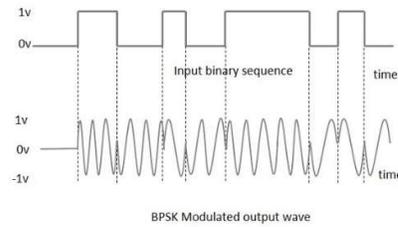
1. *Frequency-shift keying* (FSK)

FSK merupakan skema FM dimana informasi digital dipancarkan melalui perubahan frekuensi diskrit dari sinyal *carrier* [16]



Gambar 2.6 FSK Biner [17]

2. *Phase-shift keying* (PSK) merupakan proses modulasi digital dengan mengganti fasa frekuensi konstan dari sinyal referensi.



Gambar 2.7 Ilustrasi Phase-shift Keying [18]

2.4 LoRa

Long Range atau yang biasa disingkat sebagai LoRa merupakan sebuah sistem komunikasi nirkabel yang dikembangkan oleh LoRa Alliance. LoRa dapat digunakan oleh sistem dengan baterai dimana konsumsi energi merupakan suatu hal yang harus diperhatikan. LoRa sendiri dapat mengacu pada dua buah *layer*, yaitu: (1) *Layer* fisik menggunakan Chirp Spread Spectrum (CSS) teknik modulasi radio [19] dan (2) *Layer* protokol MAC (LoRaWAN), meskipun sistem komunikasi LoRa juga dapat mengakses arsitektur jaringan spesifik.

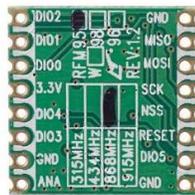
LoRa memiliki beberapa keunggulan, yaitu memiliki kemampuan menjangkau wilayah yang luas, berbiaya rendah, memiliki komunikasi yang terpercaya, serta pemanfaatan sumber daya yang rendah. LoRa menggunakan gelombang radio dengan variasi modulasi *Chirp Spread Spectrum*. Secara spesifik, LoRa menggunakan frekuensi gelombang radio yang disesuaikan dengan wilayah penggunaan. Nilai frekuensi LoRa ada tiga, yaitu 915 MHz, 868 MHz serta 433 MHz. LoRa merupakan *proprietary protocol* yang dikembangkan oleh perusahaan Semtech [20]. Berikut untuk konsumsi daya LoRa dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Konsumsi Daya LoRa[21]

Simbol	Deskripsi	Keterangan	Arus tipikal	Arus Maks	Satuan
IDDSL	Arus suplai pada mode sleep	-	0,2	1	μA

IDDIDLE	Arus suplai pada mode idle	RC Oscillator enabled	1,5	1,8	μ A
IDDST	Arus suplai pada mode standby	Crystal Oscillator enabled	1,6	-	mA
IDDFS	Arus suplai pada mode synthesizer	FSRx	5,8	-	mA
IDDR	Arus suplai pada mode receive	LnaBoost Off, band 1	10,8	-	mA
		LnaBoost On, band 1	11,5	-	mA
IDDT	Arus suplai pada mode transmit	RFOP=+20dBm	120	-	mA

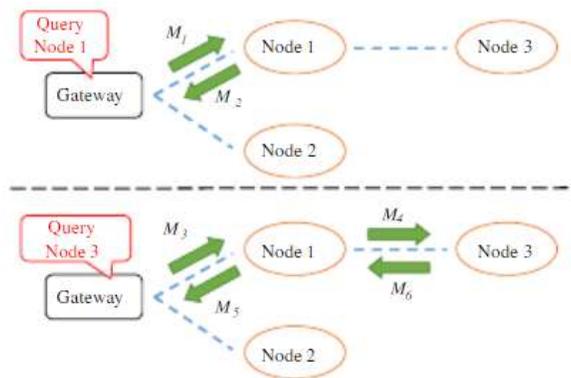
Modul pada Gambar 2.8 merupakan transceiver LoRa yang akan mendukung komunikasi dengan menggunakan teknologi LoRa. Modul LoRa Hope RFM95 mampu mencapai sensitivitas modulasi hingga -148 dBm. Namun, modul ini memiliki konsumsi energi yang rendah dan mudah didapatkan di pasar Indonesia [22].



Gambar 2.8 Modul LoRa RFM95 [23]

2.4.1 *Mesh Networking* LoRa

Mesh networking adalah solusi untuk meningkatkan komunikasi jangkauan dan rasio pengiriman paket tanpa perlu memasang LoRa *gateway* tambahan.



Gambar 2.9 Ilustrasi *Mesh Network Node* [24]

Dapat dilihat pada Gambar 2.9, Node 1 (M_1) bergabung dengan jaringan dan mengatur *Gateway* sebagai induknya. Setelah itu, *Gateway* menanyakan data dari anaknya, Node 1, dan Node 1 melaporkan datanya (M_2) ke *Gateway*. Node 3 terdekad sengaja mendengar pesan M_2 (M_2 bertindak sebagai suar untuk Node 3), dan Node 3 bergabung dengan jaringan dengan menetapkan induknya sebagai Node 1. Node 1 akan memberi tahu Node 3 yang baru bergabung dengan induknya, *Gateway*. Oleh karena itu, dalam putaran *query* berikutnya, *Gateway* akan meminta Node 3 untuk mengumpulkan datanya menggunakan urutan transmisi pesan M_3 , M_4 , M_5 , dan M_6 . Berdasarkan metode ini, semua node dapat bergabung dengan dengan jaringan *mesh* nirkabel *multi-hop* ini dan *Gateway* dapat meminta data pada semua node [24].

2.5 Antena

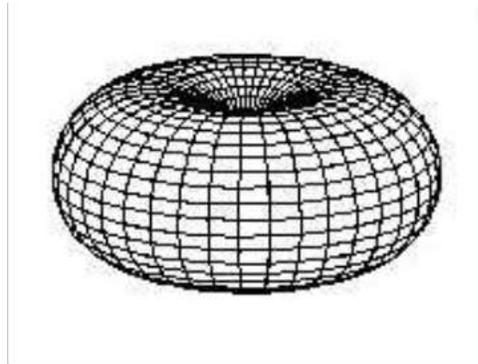
Dalam istilah radio, antena merupakan sebuah perangkat yang digunakan pada pemancar dan penerima dengan fungsi sebagai antarmuka antara gelombang radio yang merambat melalui ruang dan arus listrik yang bergerak dalam konduktor logam. Dalam transmisi, pemancar radio memberikan arus listrik ke terminal antena kemudian antena akan memancarkan daya dari arus tersebut sebagai gelombang radio [25].

2.5.1 Antena *Omnidirectional*

Dalam komunikasi radio, antena *omnidirectional* merupakan jenis antena yang meradiasikan gelombang radio secara sama ke seluruh arah terhadap sumbu

arah azimut [26]. Ketika diilustrasikan, bentuk dari radiasinya seringkali disebut berbentuk donat.

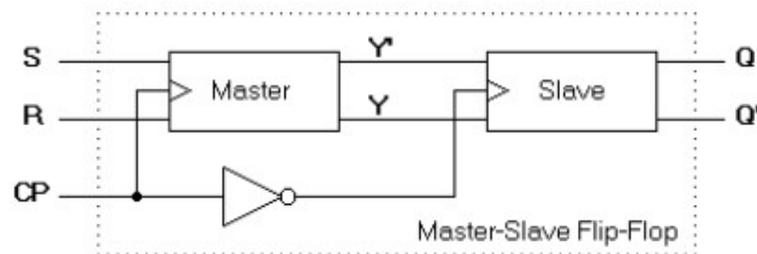
Antena *omnidirectional* seringkali digunakan untuk perangkat dengan berbagai arah tujuan dikarenakan dapat memancarkan gelombang dengan sama ke segala arah. Antena *omnidirectional* sering kali digunakan di telepon seluler, radio FM, *walkie-talkie*, dan GPS.



Gambar 2.10 Pola Radiasi Antena *Omnidirectional* [27]

2.6 Komunikasi Serial Master-Slave

Komunikasi serial Master-Slave adalah komunikasi antar dua atau lebih kontroler dengan peran salah satu kontroler sebagai pengirim data secara serial atau disebut *bit-by-bit* (aster) dan kontroler lainnya berperan sebagai penerima data (Slave). Komunikasi ini dapat juga digunakan untuk menjalankan sistem yang membutuhkan pembacaan sensor secara paralel [28]. Topologi dari komunikasi Master-Slave dapat dilihat pada Gambar 2.11



Gambar 2.11 Topologi Komunikasi Master-Slave [28]