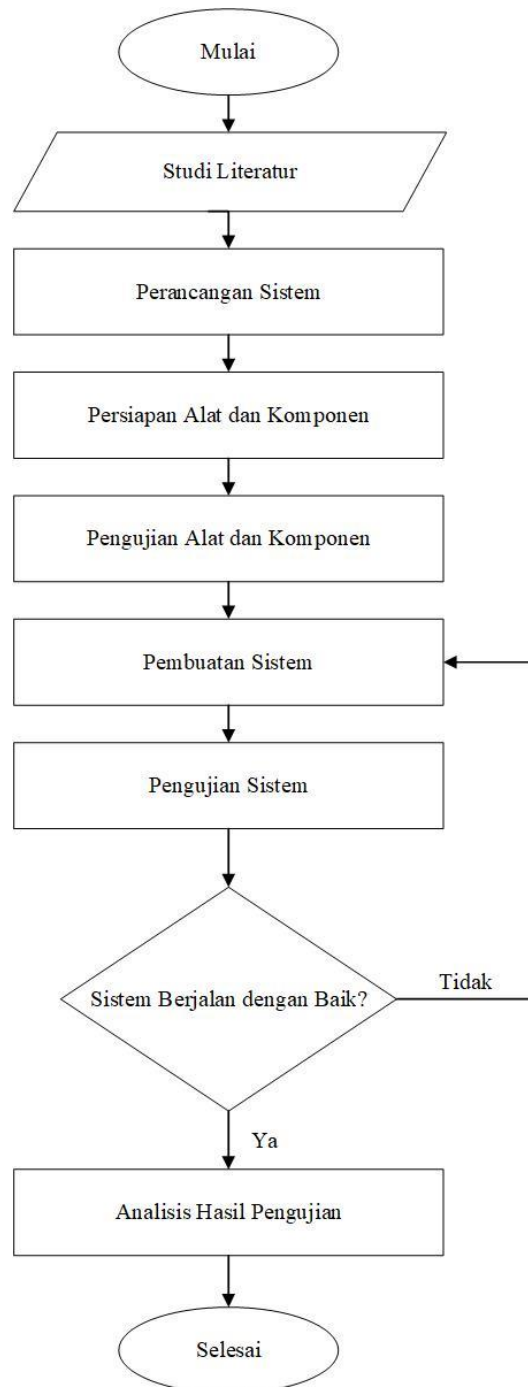


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 *Flowchart* Penelitian

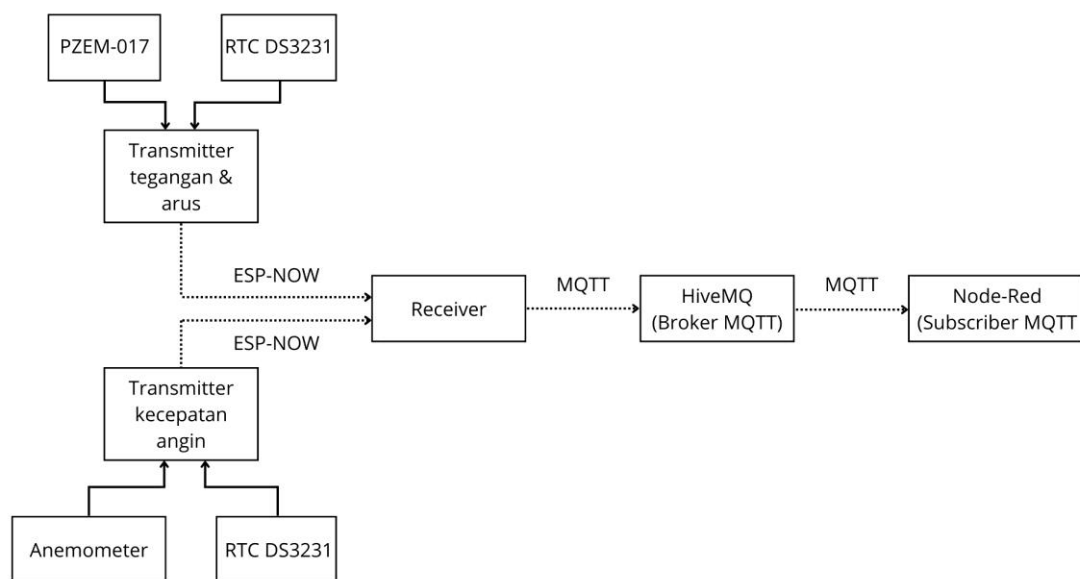


Gambar 3.1 *Flowchart* penelitian

3.1.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan proses awal yang dilakukan pada penelitian ini. Studi literatur meliputi pencarian *datasheet*, jurnal dan buku yang relevan dengan topik penelitian ini, kemudian dilakukan pengkajian jurnal dan buku untuk mendapatkan teori-teori yang mendukung penelitian ini.

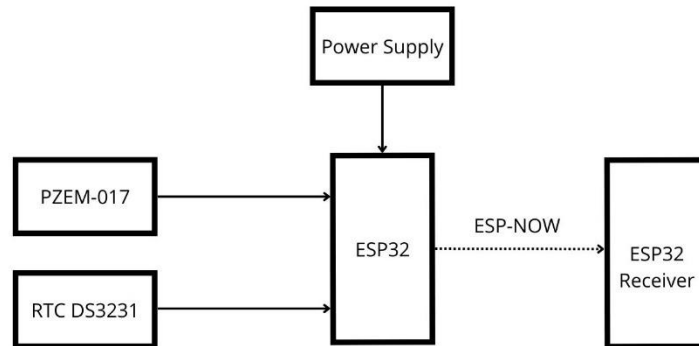
3.1.2 Perancangan Sistem



Gambar 3.2 diagram blok sistem *monitoring* dan *data logger* pada PLTB

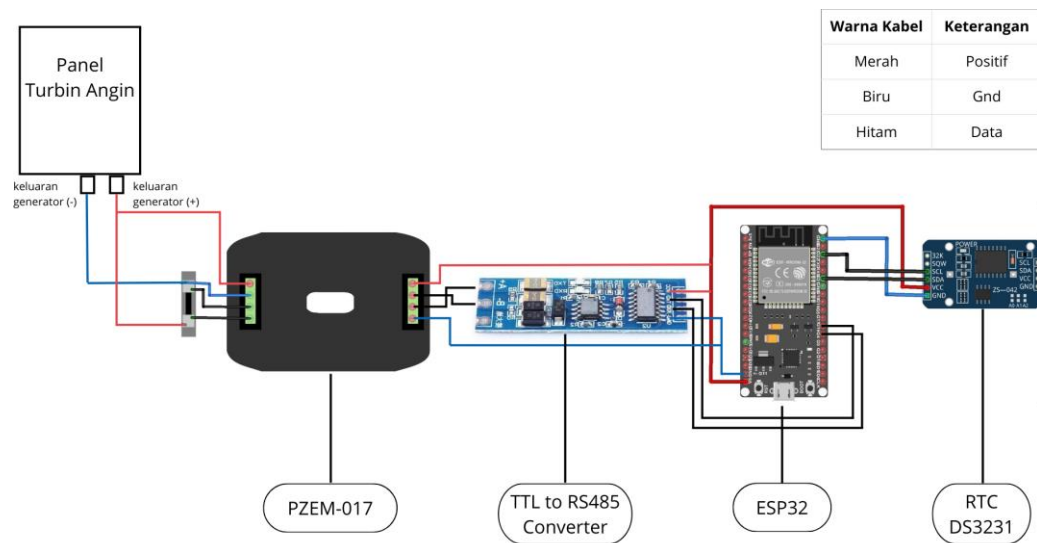
Gambar 3.2 merupakan diagram alir dari sistem pada *monitoring* dan *data logger* pada pembangkit listrik tenaga bayu. Terdapat 2 *node transmitter* yang berfungsi untuk mengukur kecepatan angin, tegangan, dan arus searah. *Node receiver* sebagai penerima data kecepatan angin, tegangan, dan arus searah. Kemudian hasil pengukuran dikirim ke *HiveMQ* sebagai *broker MQTT*, setelah itu *Node-RED* terhubung dengan topik yang sama dengan konfigurasi topik di *receiver*. *HiveMQ* untuk melakukan *monitoring* dan penyimpanan data secara *online*.

a. Perancangan sistem *node transmitter* tegangan dan arus



Gambar 3.3 diagram blok *node transmitter* tegangan dan arus

Diagram pada gambar 3.3 menjelaskan alur kerja dari sistem *node transmitter* tegangan dan arus pada sistem *monitoring* dan *data logger* pembangkit listrik tenaga bayu. PZEM-017 berfungsi sebagai sensor untuk mengukur arus dan tegangan searah pada pembangkit listrik tenaga bayu yang terhubung ke ESP32, RTC DS3231 berfungsi sebagai pengendali waktu *real-time*, kemudian *node transmitter* tegangan dan arus mengirimkan data tegangan searah, dan arus ke *node receiver*. Untuk skema *wiring* sistem *node transmitter* tegangan dan arus dari sistem *monitoring* dan *data logger* pembangkit listrik tenaga bayu dijelaskan pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 skema *wiring* sistem *node transmitter* tegangan dan arus

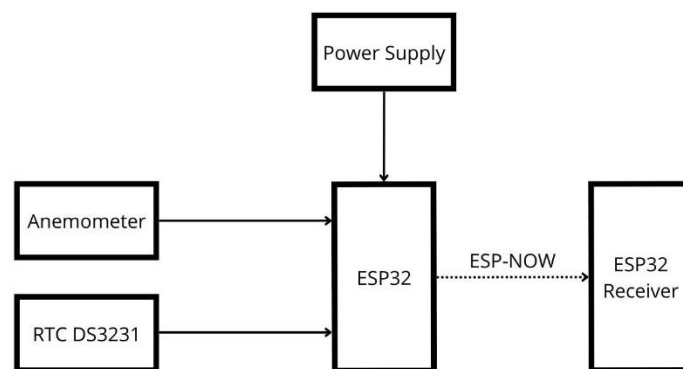
Tabel 3.1 merupakan tabel *wiring* sistem *node transmitter* tegangan dan arus.

Tabel 3.1 *Wiring node transmitter* tegangan dan arus.

ESP32	PZEM-017	Shunt Resistor	UART TTL to RS485	RTC DS3231	Panel Turbin Angin
5V	5V	-	VCC	VCC	-
GND	GND	-	GND	GND	-
GPIO17	-	-	TXD	-	-
GPIO16	-	-	RXD	-	-
-	A	-	A+	-	-
-	B	-	B-	-	-
-	Pin 1 PWR+	-	-	-	Vin+
-	Pin 2 PWR-	Pin 1	-	-	Vin-
-	Pin 3 Shunt+	Pin 4	-	-	-
-	Pin 4 Shunt-	Pin 3	-	-	-
-	-	Pin 2	-	-	Vin+
GPIO22	-	-	-	SCL	-
GPIO21	-	-	-	SDA	-

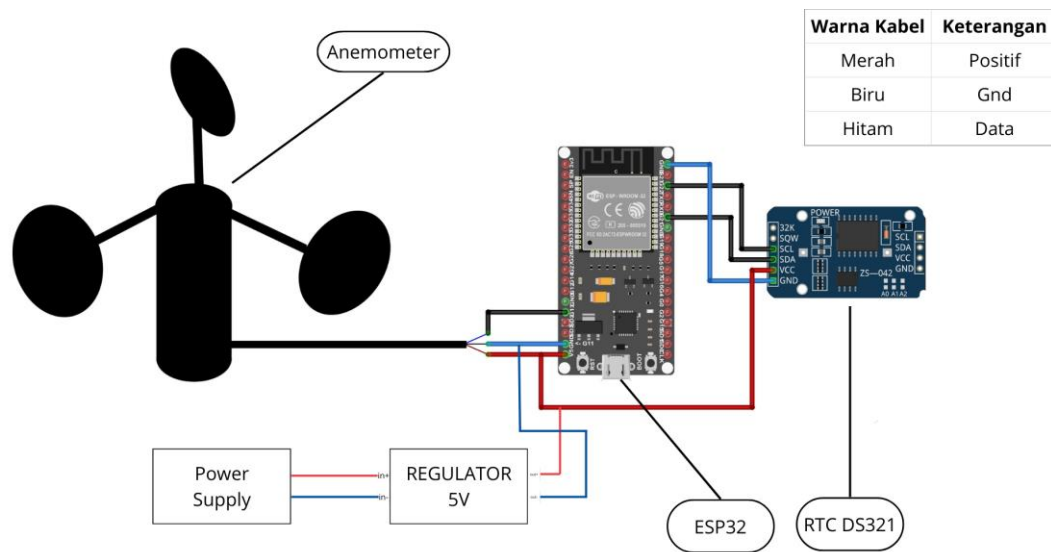
b. Perancangan sistem *node transmitter* kecepatan angin

Kemudian yang kedua adalah sistem *node transmitter* kecepatan angin dari sistem *monitoring* dan *data logger* pembangkit listrik tenaga bayu. Pada *node transmitter* kecepatan angin terdapat ESP32 DOIT DevKit V1 (38 pin) berbasis modul ESP-WROOM-32, *anemometer*, RTC DS3231, *power supply* sesuai dengan diagram pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram blok *node transmitter* kecepatan angin

Pada diagram di gambar 3.5 tersebut dijelaskan *anemometer* yang berfungsi sebagai sensor untuk mengukur kecepatan angin terhubung ke ESP32 DOIT DevKit V1 (38 pin) berbasis modul ESP-WROOM-32, RTC DS3231 berfungsi sebagai pengendali waktu *real-time* terhubung ke ESP32, kemudian hasil pengukuran kecepatan angin dengan *anemometer* akan dikirimkan ke *node receiver* melalui ESP-NOW. Skema *wiring* sistem *transmitter* dari sistem *monitoring* dan *data logger* pada pembangkit listrik tenaga bayu dijelaskan pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 skema *wiring node transmitter* kecepatan angin

Tabel 3.2 berikut merupakan tabel *wiring* pada skema gambar 3.6.

Tabel 3.2 *Wiring node transmitter* kecepatan angin

ESP32	Anemometer	RTC DS3231	Regulator Voltage	Power Supply
5 V	VCC	VCC	Vout+	-
GND	GND	GND	Vout-	-
GPIO13	Data	-	-	-
GPIO22	-	SCL	-	-
GPIO21	-	SDA	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	Vin+	Kabel Positif
-	-	-	Vin-	Kabel Negatif

3.1.3 Persiapan Alat dan Komponen

Persiapan alat dan komponen bertujuan untuk mengumpulkan alat dan komponen yang dibutuhkan pada penelitian ini. Alat dan bahan direpresentasikan pada tabel 3.3 berupa perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3.3 Perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan

Komponen	Jumlah Unit	Keterangan
Perangkat Keras		
ESP32	3 unit	<i>Microcontroller</i>
PZEM-017	1 unit	Sensor tegangan dan arus searah
<i>Anemometer Davis 6410</i>	1 unit	Sensor kecepatan angin
RTC DS3231	2 unit	Modul penanda waktu untuk <i>node transmitter</i>
Perangkat Lunak		
<i>HiveMQ</i>		<i>Broker Cloud MQTT</i>
<i>Node-RED</i>		<i>Subscriber MQTT</i>
<i>Wireshark</i>		Menangkap lalu lintas jaringan internet untuk analisis MQTT
<i>Arduino IDE</i>		Kompilasi dan unggah program ke ESP32

3.1.4 Pengujian Unit

Pengujian unit bertujuan untuk memastikan masing-masing komponen utama, meliputi sensor PZEM-017 dan *anemometer* yang digunakan pada *sistem monitoring* dan *data logger* pada pembangkit listrik tenaga bayu berfungsi dengan baik. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan uji akurasi pada sensor PZEM-017 dan *anemometer*.

Pengujian akurasi sensor dilakukan untuk mengetahui kualitas data yang dihasilkan *data logger* pada penelitian yang akan dilaksanakan. Menurut Diseminasi & Genap (2021), pengujian akurasi sensor dilakukan menggunakan persamaan 3.1 berikut.

$$akurasi = \frac{alat\ ukur - sensor}{alat\ ukur} \times 100\% \quad (3.1)$$

Pengujian sensor meliputi pengukuran kecepatan angin, tegangan searah, dan arus.

a. Pengujian *anemometer*

Tabel 3.4 berikut merupakan tabel untuk pengujian sensor *anemometer* untuk mengukur kecepatan angin dibandingkan dengan *anemometer* lain.

Tabel 3.4 Pengujian Kecepatan Angin

No	Hasil Uji Alat Ukur	Hasil Uji <i>Anemometer</i>	Error (%)
1			
2			
3			
Dst.			

b. Pengujian PZEM-017 pada pengukuran tegangan searah

Tabel 3.5 berikut merupakan tabel untuk pengujian tegangan searah menggunakan sensor PZEM-017 dibandingkan dengan *multimeter*.

Tabel 3.5 Pengujian tegangan searah

No	Hasil Uji Tegangan pada <i>Multimeter</i>	Hasil Uji Tegangan pada PZEM-017	Error (%)
1			
2			
3			
Dst.			

c. Pengujian PZEM-017 pada pengukuran arus

Tabel 3.6 berikut merupakan tabel pengujian arus menggunakan PZEM-017 dibandingkan dengan *tang ampere*.

Tabel 3.6 Pengujian arus

No	Hasil Uji Arus pada <i>Multimeter</i>	Hasil Uji Arus pada PZEM-017	Error (%)
1			
2			
3			
Dst.			

Kemudian pada pengujian unit juga dilakukan pengujian QoS ESP-NOW berdasarkan jarak untuk mengetahui QoS pada tiap jarak yang diuji, yaitu 20 m, 40

m, 60 m, 80 m, 100 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m, yang akan menjadi rujukan untuk ditinjau pada sistem *monitoring* dan *data logger* PLTB yang digunakan di area *site* Lentera Bumi Nusantara.

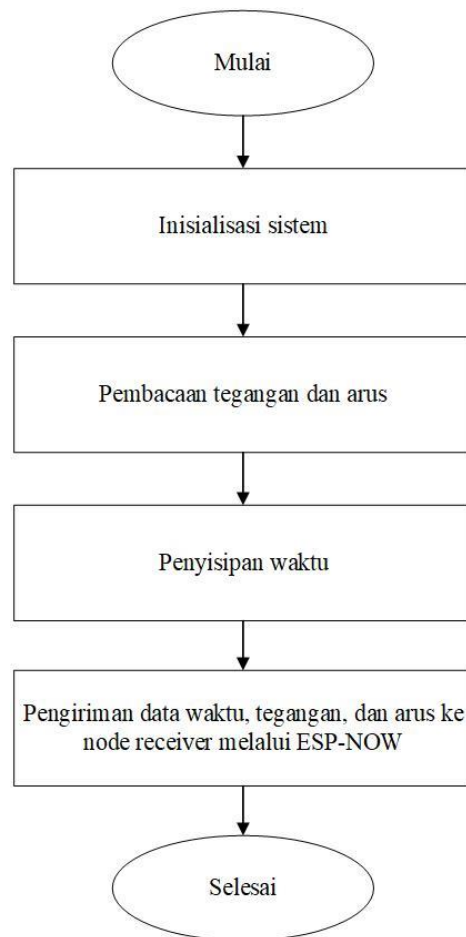
3.1.5 Pembuatan Sistem

Setelah berhasil melakukan pengujian unit, selanjutnya adalah pembuatan sistem. Pada tahap pembuatan sistem dilakukan perakitan pada rangkaian *node transmitter* kecepatan angin, *node transmitter* tegangan dan arus, dan *node receiver*.

3.1.6 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem *monitoring* dan *data logger* mampu mengakuisisi data dengan baik secara *end-to-end* dari pembacaan sensor PZEM-017 dan *anemometer* oleh *node transmitter*, pengiriman data kecepatan angin, tegangan, dan arus searah melalui ESP-NOW ke *node receiver*, dan meneruskan data dari *node receiver* ke *Node-RED* melalui MQTT. Kemudian dilakukan juga analisis QoS pada komunikasi ESP-NOW dan MQTT yang digunakan pada sistem *monitoring* dan *data logger* pada pembangkit listrik tenaga bayu dengan penempatan tiap *node* berdasarkan pengaplikasian di *site* Lentera Bumi Nusantara. Berikut merupakan rincian pengujian sistem yang akan dilakukan pada penelitian ini.

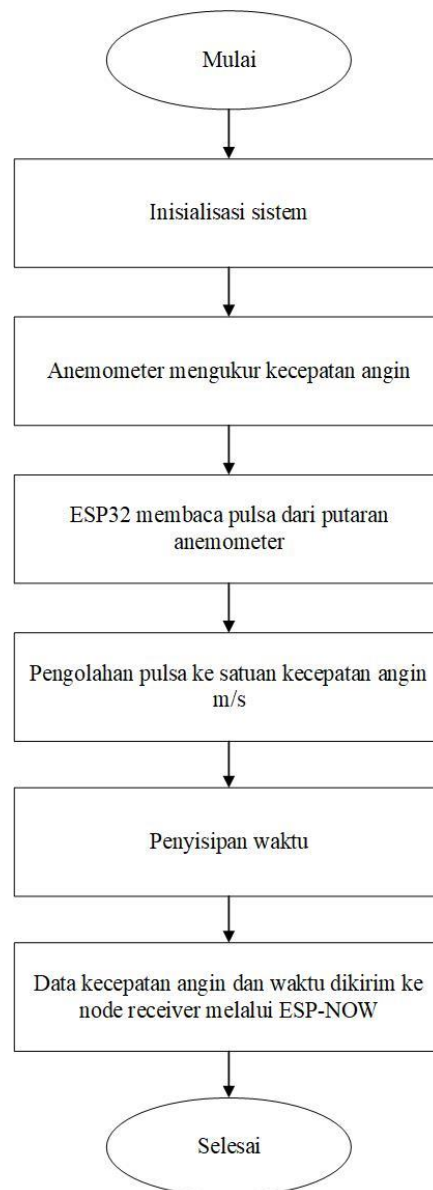
3.1.6.1 Akuisisi data tegangan dan arus pada *node transmitter* tegangan dan arus



Gambar 3.7 Flowchart pengujian *node transmitter* tegangan dan arus

Gambar 3.7 menggambarkan alur kerja sistem pada *node transmitter* tegangan dan arus, mulai dari inisialisasi sistem yaitu ESP-NOW, *channel WiFi*, RTC DS3231, dan sensor PZEM-017, kemudian sensor melakukan pembacaan tegangan dan arus pada keluaran PLTB skala mikro jenis VAWT 500 W, dan menambahkan waktu saat pembacaan berhasil dilakukan, kemudian mengirimkan data waktu, tegangan, dan arus searah ke *node receiver*. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan *node transmitter* kecepatan angin berhasil melakukan alur kerja tersebut.

3.1.6.2 Akuisisi data kecepatan angin pada *node transmitter* kecepatan angin

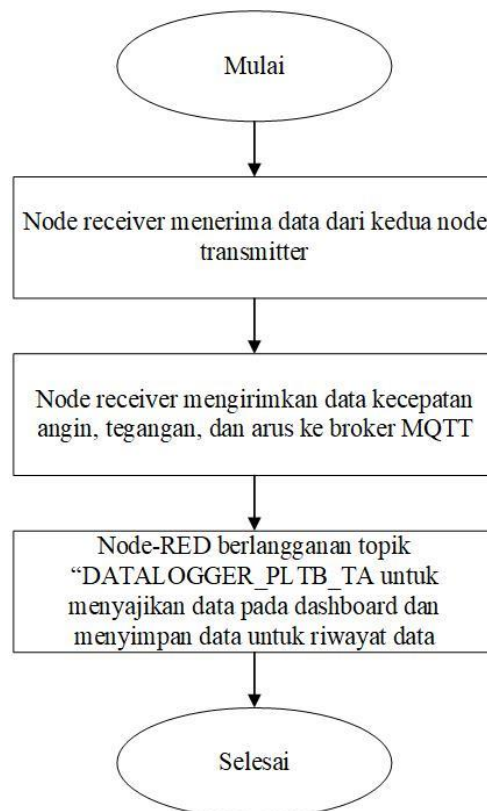


Gambar 3.8 *Flowchart* pengujian sistem *node transmitter* kecepatan angin

Gambar 3.8 menggambarkan alur kerja sistem pada *node transmitter* kecepatan angin, dimulai dari menginisialisasi sistem yaitu ESP-NOW, *channel WiFi*, RTC DS3231, kemudian melakukan pembacaan kecepatan angin dari hasil pulsa yang terbaca oleh ESP32, menambahkan waktu saat pembacaan kecepatan angin berhasil, dan mengirimkan data waktu dan kecepatan angin ke *node receiver*

melalui ESP-NOW. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan *node transmitter* tegangan dan arus berhasil melakukan alur kerja sistem tersebut.

3.1.6.3 Penerimaan data melalui ESP-NOW dan Pengiriman Data ke Broker MQTT oleh *Node receiver*



Gambar 3.9 Pengujian sistem *node receiver*

Gambar 3.9 merupakan diagram alir dari alur kerja pada *node receiver*. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan *node receiver* berhasil menerima data dari kedua *node transmitter* untuk menerima data waktu, tegangan, arus, dan kecepatan angin melalui komunikasi ESP-NOW. Kemudian data yang berhasil diterima, dikirimkan ke *broker* MQTT dan diterima oleh Node-RED untuk disajikan dan disimpan pada *dashboard* sistem *monitoring* dan *data logger* pada pembangkit listrik tenaga bayu, sehingga data yang berhasil terakuisi dapat dilihat secara *real-time* dan riwayat data dapat diunduh melalui *dashboard*.

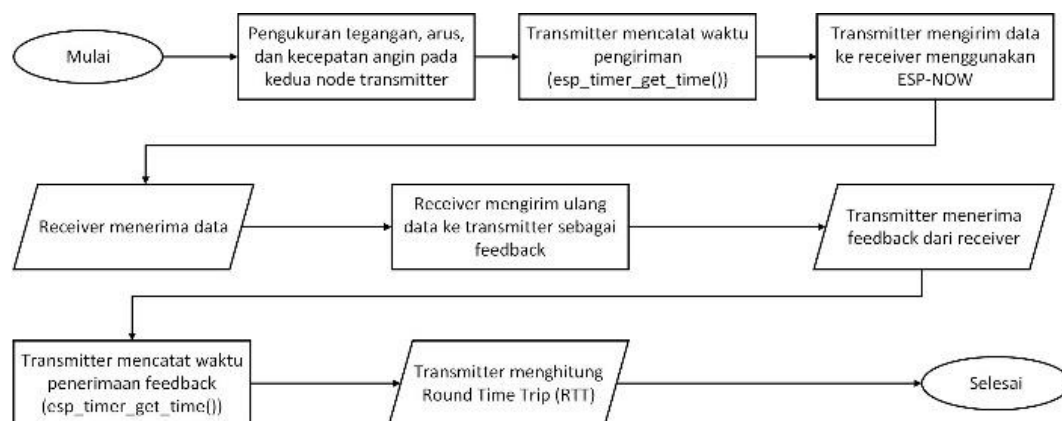
3.1.6.4 Pengujian QoS pada ESP-NOW dan MQTT dengan titik penempatan di area *site*

Lentera Bumi Nusantara

Pengujian QoS pada ESP-NOW dan MQTT dilakukan untuk mengetahui keandalan kualitas komunikasi nirkabel antara kedua *node transmitter* ke *node receiver* melalui ESP-NOW dan *node receiver* ke *dashboard monitoring* dan *data logger* melalui MQTT, sehingga diketahui kelayakan sistem *monitoring* dan *data logger* pada PLTB di Lentera Bumi Nusantara.

Pengujian berfokus pada parameter *latency*, *jitter*, dan *packet loss* dengan pengulangan pengujian pada setiap parameter sebanyak 10 kali pengulangan pengujian.

Gambar 3.10 merupakan blok diagram dari pengujian sistem protokol komunikasi ESP-NOW. Pengujian dilakukan dengan mencatat waktu pengiriman dan waktu penerimaan *feedback* pada sisi *node transmitter* sehingga didapatkan *Round Time Trip (RTT)* yang menjadi dasar perhitungan *latency*.



Gambar 3.10 Blok diagram pengujian sistem ESP-NOW

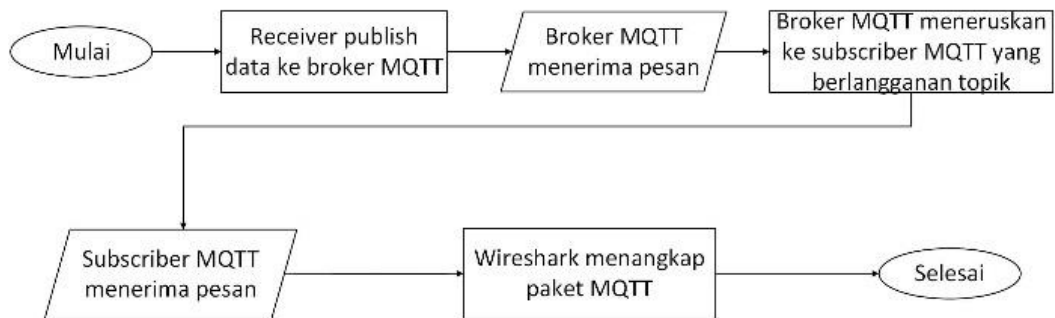
Kemudian pada gambar 3.11 terlihat area yang akan menjadi rencana titik penempatan tiap *node* pada sistem *monitoring* dan *data logger* PLTB di Lentera

Bumi Nusantara. Terdapat ruang *router* yang akan menjadi titik penempatan *node receiver* dikarenakan *node receiver* membutuhkan jaringan internet untuk terhubung dengan *broker HiveMQ*, kemudian terdapat *battery station* sebagai tempat panel keluaran turbin angin yang akan menjadi titik penempatan *node transmitter* tegangan dan arus searah, sehingga pengukuran tegangan dan arus memungkinkan untuk dilakukan di *battery station*. Kemudian yang terakhir adalah tiang *anemometer* setinggi 5 m yang akan menjadi titik penempatan *node transmitter* kecepatan angin.



Gambar 3.11 Titik penempatan *node transmitter* dan *receiver*

Kemudian gambar 3.12 merupakan blok diagram dari pengujian sistem pada protokol komunikasi MQTT. Pengujian dilakukan menggunakan perangkat lunak *Wireshark* untuk menangkap lalu lintas jaringan pada sisi *subscriber* MQTT yaitu *Node-RED*.



Gambar 3.12 Blok diagram pengujian sistem MQTT

Kemudian untuk parameter QoS pada pengujian ESP-NOW dan MQTT dapat dilihat pada uraian berikut.

a. *Packet loss*

Berikut pengujian *packet loss* pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Pengujian *Packet loss*

No	Jumlah Data Dikirim	Jumlah Data Diterima	<i>Packet loss</i>
1			
2			
3			
Dst.			

b. *Latency ESP-NOW*

Berikut tabel pengujian *latency* pada tabel 3.8.

Tabel 3.8 Pengujian *latency*

No	Waktu Dikirim	Waktu Diterima	<i>Latency</i>
1			
2			
3			
Dst.			

c. Pengujian *Jitter*

Berikut merupakan tabel pengujian *jitter* pada tabel 3.9.

Tabel 3.9 Pengujian *Jitter*

No	Variasi <i>latency</i>	Total paket yang diterima	<i>Jitter</i>
1			
2			
3			
Dst.			

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Waktu penelitian merupakan target capaian penelitian dilaksanakan.

Tempat penelitian merupakan lokasi penelitian dilakukan.

3.2.1 Waktu Penelitian

Penelitian akan dilakukan setelah proposal diterima dalam kurun waktu kurang lebih 60 hari.

3.2.2 Tempat Penelitian

Tempat penelitian dilaksanakan di Lentera Bumi Nusantara, Jalan Raya Ciheras, Dusun Lembur Tengah, Kampung Sindang Asih, Desa Ciheras, Kecamatan Cipatujah, Kabupaten Tasikmalaya.