

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

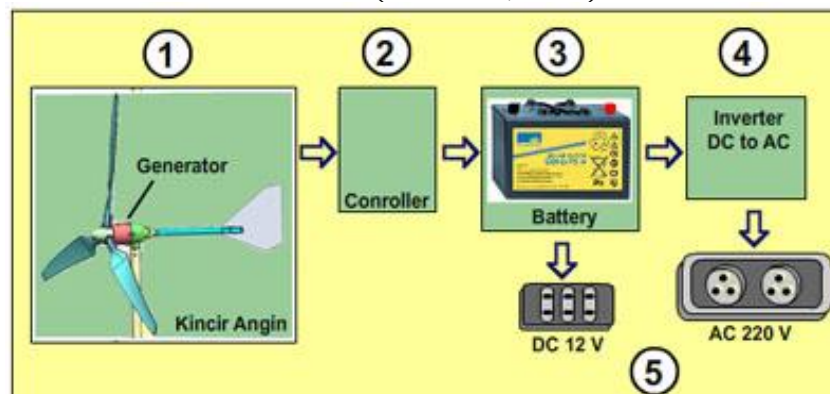
Tinjauan pustaka berfungsi sebagai landasan teoritis pada penelitian yang akan dilaksanakan. Tinjauan pustaka disusun berdasarkan studi literatur yang relevan dengan penelitian mengenai *monitoring* dan *data logger* pada pembangkit listrik tenaga bayu. Tinjauan pustaka juga bertujuan untuk mengidentifikasi penelitian terkait dengan penelitian yang akan dilaksanakan sehingga diketahui pembaruan atau perbedaan antara penelitian yang sudah pernah dilaksanakan dengan yang akan dilaksanakan.

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Pembangkit listrik tenaga bayu merupakan pembangkit listrik dengan sumber energinya adalah angin. Angin dimanfaatkan untuk menggerakkan bilah sehingga dapat memutar generator dan menghasilkan energi yang diproses melalui *controller* agar dapat melakukan pengisian daya pada baterai sebagai media penyimpanan energi listrik (Maike et al., 2022). Pembangkit listrik tenaga bayu dapat dilihat pada gambar 2.1. Skema pembangkit listrik tenaga bayu dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu
Sumber : (Sonora.id, 2023)



Gambar 2.2 skema Pembangkit Listrik Tenaga Bayu
Sumber : (sanfordlegenda.blogspot.com, 2013)

Menurut Muslimin et al., (2023) untuk mengetahui potensi daya angin dapat diketahui dengan persamaan (2.1), persamaan (2.2), dan persamaan (2.3). Pertama hitung luas daerah sapuan angin menggunakan persamaan (2.1), kemudian hitung daya angin menggunakan persamaan (2.2), kemudian masukkan efisiensi turbin menggunakan persamaan (2.3).

$$A = \pi.r^2 \quad (2.1)$$

Dimana:

A = Luas daerah sapuan angin (m^2)

r = Jari-jari turbin / panjang turbin (m)

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot A \cdot V^3 \quad (2.2)$$

$$P_A = C_p \cdot P_w \quad (2.3)$$

Dimana:

ρ_a = Kerapatan angin (1.2 kg/m^3)

V = Kecepatan angin (m/s)

A = Luas daerah sapuan angin (m^2)

C_p = Koefisien kinerja (maksimum teoritis = 0.59 [betz limit], desain = 0.35)

Kemudian untuk mendapatkan nilai dari daya generator dapat menggunakan persamaan 2.4 berikut :

$$P_{\text{gen}} = C_p \cdot P_w \cdot \eta_{\text{gearbox}} \cdot \eta_{\text{generator}} \quad (2.4)$$

Dimana:

η_{gearbox} = Efisiensi gearbox

$\eta_{\text{generator}}$ = Efisiensi generator

2.2 Data logger

Data logger merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk melakukan perekaman data. *Data logger* mengintegrasikan pencatatan, pengumpulan, pengolahan dan penyimpanan data dari suatu sensor. Umumnya *data logger* terdiri dari *microcontroller*, sensor dan media penyimpanan seperti *sd card* (Said et al., 2022). Pada pembangkit listrik tenaga bayu, *data logger* dikembangkan untuk

mendukung penelitian yang bertujuan untuk mempelajari hubungan antara kinerja turbin angin dan ketersediaan energi angin (Damanik et al., 2019).

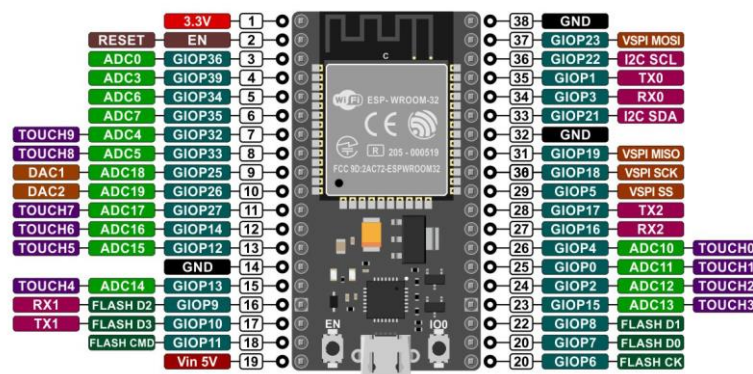
2.3 ESP32

ESP32 adalah *microcontroller* yang dibuat oleh *Espressif System* yang sudah terintegrasi dengan modul *Wi-Fi* dan modul *Bluetooth*. Fitur yang diunggulkan pada ESP32 adalah penggunaan sumber daya yang rendah dengan performa *radio frequency* (RF) yang tinggi (Raihan, 2022). ESP32 dapat dilihat pada gambar 2.3. Berikut adalah spesifikasi dari ESP32 dijelaskan pada tabel 2.1 dibawah.

Tabel 2.1 Spesifikasi ESP32

Processor	Xtensa single/dual-core 32-bit LX6 160/240 MHz
SRAM	520 KB
Memory Flash	4 MB
Wi-Fi	802.11 b/g/n
Bluetooth	Bluetooth v4.2 / Bluetooth Low Energy
Tegangan Operasi	3.3 volt
Tegangan input	7-12 volt (Vin) / 5 volt (USB)
Pin GPIO	30 atau 36
Digital IO	25
ADC	15
DAC	2
Capasitive Touch	9
UART	3
SPI	2
I2C	3
Controller USB	CP2102

Sumber : (Raihan, 2022)



Gambar 2.3 ESP32

Sumber : (arduino.biz.id, 2022)

2.4 ESP-NOW

ESP-NOW merupakan protokol komunikasi nirkabel yang dikembangkan oleh *Espressif*. ESP-NOW dapat menghubungkan 2 atau lebih perangkat ESP8266, ESP32, ESP32-S dan ESP32-C untuk saling berkomunikasi langsung tanpa memerlukan *server* pusat atau titik akses seperti *router Wi-Fi*. ESP-NOW dapat berkomunikasi dengan cara mengidentifikasi *MAC address* pada setiap perangkat yang akan dihubungkan. ESP-NOW memiliki 2 metode siaran yaitu *unicast* dan *multicast* dengan kecepatan transfer data mencapai 1 Mbps atau lebih tinggi. ESP-NOW juga mendukung metode komunikasi terenkripsi, yang memungkinkan pengiriman data dalam jumlah besar hingga 250 *byte per payload* dalam waktu yang singkat. (Anjasromo et al., 2024).

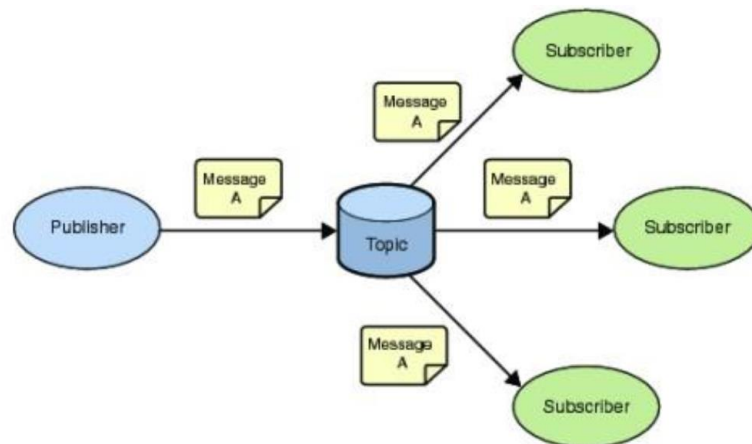
ESP-NOW merupakan protokol komunikasi dengan model OSI *data-link layer* yang mengurangi lima lapisan pada OSI model menjadi satu lapisan. Dengan cara ini, data tidak perlu ditransmisikan melalui *network layer*, *transport layer*, *session layer*, *presentation layer*, *application layer*. Selain itu, tidak diperlukan *packet header* atau *unpacker* di tiap lapisan, yang menghasilkan respons cepat dan

mengurangi penundaan yang disebabkan oleh hilangnya paket dalam jaringan yang padat (Madhukumar et al., 2024).

2.5 MQTT

MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) merupakan protokol komunikasi yang menggunakan arsitektur *publish-subscribe* yang berjalan di atas protokol TCP/IP. MQTT bersifat terbuka dan sederhana. Dengan karakteristik tersebut membuat MQTT ideal untuk digunakan dalam komunikasi *Machine to Machine* (M2M) dan *Internet of Things*. Dengan arsitektur *publish-subscribe*, MQTT membutuhkan *broker* pesan. *Broker* bertanggung jawab dalam mendistribusikan pesan ke klien berdasarkan *topic*.

Publish-Subscribe memungkinkan sebuah pesan untuk dikirimkan 1 kali oleh *Publisher* dan diterima oleh klien (perangkat atau aplikasi). Protokol MQTT ini memisahkan antara *Publisher* dan *Subscriber* dalam proses pengiriman dan penerimaan pesan. *Publisher* mengirimkan pesan ke *topic* yang dibuat, kemudian klien berlangganan ke *topic* tersebut untuk menerima pesan. Sebuah *broker* bertugas mencocokkan pesan yang diterbitkan dengan langgana yang sesuai. Jika tidak ada langganan yang cocok, pesan tidak akan diterima (Abdillah et al., 2015). Arsitektur protokol MQTT dijelaskan seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 MQTT

Sumber : (Abdillah et al., 2015)

2.6 PZEM-017

PZEM-017 adalah sensor pengukuran tegangan dan arus searah. PZEM-017 dapat mengukur tegangan hingga 300 VDC dan pengukuran arus pada rentang pemasangan *shunt* eksternal 50 A hingga 300 A. ('Aafi et al., 2022). Spesifikasi sensor PZEM-017 dijelaskan pada tabel 2.2, PZEM-017 dapat dilihat pada gambar 2.5.

Tabel 2.2 Spesifikasi PZEM-017

Jenis Data	Keterangan
Tegangan	0.05 – 300 V.
Arus	0.01 – 50 A/100 A/200 A/300 A.
Daya	0.2 – 90 Kw.
Konsumsi energi	0 – 9999 kWh.
Over voltage alarm	Batas tegangan tinggi adalah 300 V, batas tegangan rendah adalah 7 V.
Communication interface	RS485 interface.
Physical layer protocol	Physical layer menggunakan UART to RS485 communication interface.

Sumber : ('Aafi et al., 2022)



Gambar 2.5 PZEM-017

Sumber : (peacefair.cn, 2024)

2.7 Anemometer

Anemometer merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin. Pada *anemometer* terdapat baling baling atau *cup* yang akan bergerak ketika tertiup angin. Kecepatan rotasi dari *cup* berbanding lurus dengan kecepatan angin. Putaran tersebut diubah menjadi sinyal listrik analog berupa tegangan atau arus kemudian dikalibrasi menjadi satuan kecepatan angin (Anjasmara et al., 2019). *Anemometer* dapat dilihat pada gambar 2.6.

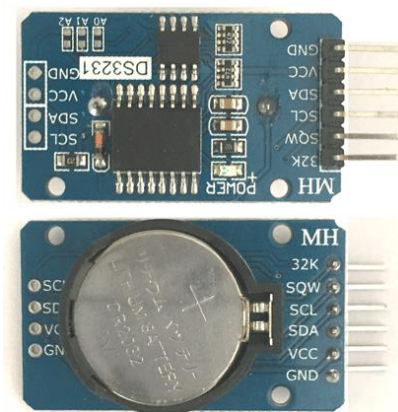


Gambar 2.6 anemometer

Sumber : (davisinstrument.com)

2.8 RTC DS3231

RTC DS3231 adalah sebuah modul yang berfungsi untuk menampilkan waktu *digital* secara *real-time*. Modul ini dilengkapi dengan baterai kancing 3.3 V yang memungkinkan data waktu tetap tersimpan meskipun suplai daya utama terputus. RTC DS3231 merupakan bagian dari sistem yang bertugas menyimpan data waktu dan tanggal dengan akurasi tinggi. Selain itu, modul ini terintegrasi dengan serial EEPROM AT24C32 yang bisa digunakan untuk menyimpan data lainnya. Modul ini akan menghitung waktu mulai dari detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, hingga tahun secara tepat (Hidayati et al., 2021). RTC DS3231 dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.7 RTC DS3231

Sumber : (components101.com, 2018)

2.9 Akuisisi Data

Akuisisi data merupakan suatu sistem yang bertujuan untuk mengambil, mengumpulkan, dan menyiapkan data dari sensor yang terdapat pada komponen sistem instrumentasi yang sedang berjalan kemudian diolah lebih lanjut untuk keperluan tertentu. Penyaluran data dalam sistem akuisisi data biasanya dilakukan secara seri maupun 9nstrume dari 9nstrument ke *controller* (Sandi et al., 2018).

2.10 Quality of Service

Quality of Service (QoS) adalah kemampuan jaringan untuk menyediakan layanan berkualitas dengan menjamin alokasi *bandwidth*, mengatasi *jitter*, *latency*, dan *packet loss*. *Quality of Service* bertujuan untuk memberikan layanan yang konsisten pada lalu lintas jaringan. Parameter pada *Quality of Service* terdiri *troughput*, *latency*, *jitter*, dan *packet loss* (Mochammad et al., 2025).

- a. *Latency*, *latency* adalah waktu tunda yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik tujuan (Mochammad et al., 2025). Menurut Mochammad et al. (2025) *latency* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.5) berikut.

$$\text{Latency} = \text{waktu terima} - \text{waktu kirim} \quad (2.5)$$

Kategori indeks *latency* pada standar TIPHON dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.3 kategori indeks *latency*

Kategori	Latency	Indeks
Sangat Baik	< 150 ms	4
Baik	150 – 300 ms	3
Cukup	300 – 450 ms	2
Kurang Baik	> 450 ms	1

Sumber : (Mochammad et al., 2025)

- b. *Jitter*, *jitter* merupakan variasi dalam *latency* antar blok – blok yang berurutan. Besarnya nilai *jitter* akan sangat dipengaruhi oleh variasi beban trafik dan besarnya tumpukan antar paket yang ada dalam jaringan. Semakin besar beban trafik di dalam jaringan maka akan semakin besar juga peluang terjadinya *congestion* dengan demikian nilai *jitter* akan semakin besar

(Mochammad et al., 2025). Menurut Mochammad et al. (2025) *jitter* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.6) berikut.

$$Jitter = \frac{total\ variasi\ latency}{total\ paket\ data\ diterima - 1} \quad (2.6)$$

Total variasi *latency* diperoleh dari penjumlahan persamaan 2.7 berikut.

$$\begin{aligned} \text{Variasi } latency &= (latency\ 2 - latency\ 1) + (latency\ 3 - latency\ 2) \\ &+ .. + (latency\ n - latency\ (n - 1)) \end{aligned} \quad (2.7)$$

Kategori indeks *jitter* pada standar TIPHON dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 kategori indeks *jitter*

Kategori	<i>Jitter</i>	Indeks
Sangat Baik	0 ms	4
Baik	0 – 75 ms	3
Cukup	75 – 125 ms	2
Kurang Baik	125 – 225 ms	1

Sumber : (Mochammad et al., 2025)

- c. *Packet loss*, *packet loss* adalah persentase paket data yang hilang selama masa transmisi dalam mencapai tujuannya. Kegagalan paket dalam mencapai tujuan dapat diakibatkan oleh *overload* trafik dalam jaringan, tabrakan (*congestion*) dalam jaringan, kegagalan yang terjadi pada sisi penerima yang disebabkan karena *overflow* yang terjadi pada *buffer* (Mochammad et al., 2025). Menurut Mochammad et al. (2025) *packet loss* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.8) berikut.

$$Packet\ loss = \frac{(data\ terkirim - data\ diterima) \times 100\%}{data\ terkirim} \quad (2.8)$$

Kategori indeks *packet loss* pada standar TIPHON dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 kategori indeks *packet loss*

Kategori	Packet loss	Indeks
Sangat Baik	0 – 2%	4
Baik	3 – 14%	3
Cukup	15 – 24%	2
Kurang Baik	> 25%	1

Sumber : (Mochammad et al., 2025)

2.11 TIPHON

TIPHON merupakan singkatan dari *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*, adalah organisasi yang didirikan oleh ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*). Organisasi ini bertujuan untuk mendukung pengembangan pasar multimedia dan komunikasi antara pengguna jaringan *circuit-switched* dan jaringan berbasis IP. Fokus utamanya adalah mendukung pasar komunikasi suara, seperti komunikasi berbasis *voice-band* serta memastikan konektivitas yang lancar antara pengguna internet. Pada tahun 1999, ETSI memperkenalkan 4 tingkat QoS yang menjadi acuan dalam sistem TIPHON (Nisa et al., 2024) Empat tingkat QoS tersebut yaitu :

a. *Best* (Optimal)

Tingkat layanan ini dirancang untuk memberikan pengalaman pengguna yang optimal. Biasanya diterapkan pada QoS jaringan IP di lingkungan LAN.

b. *High* (Kualitas Tinggi)

Layanan ini bertujuan untuk memberikan pengalaman berkualitas tinggi bagi pengguna dengan kondisi jaringan yang baik. Tingkatan ini digunakan dalam pengelolaan QoS jaringan IP untuk memaksimalkan pemanfaatan *bandwidth*.

c. *Medium*

Tingkatan ini menawarkan layanan IP yang memberikan pengalaman pengguna serupa dengan layanan telepon seluler.

d. *Best Effort* (Upaya Terbaik)

Jenis layanan ini menyediakan komunikasi tanpa gangguan kualitas atau penundaan signifikan, meskipun tidak menjamin prioritas tinggi dalam jaringan.

2.12 Penelitian Terkait

Tabel 2.6 Penelitian Terkait

No	Judul Jurnal	Penulis-Tahun	Pembahasan
1	<i>Design of Energy Monitoring System for Small Scale Wind Turbine Applications.</i>	Natalina Damanik, Muhammad R. Robiansyah, Almas Apriliana, Sahrijal Purba (2019)	Pada penelitian ini penulis membuat desain sistem <i>monitoring</i> untuk pembangkit listrik tenaga bayu skala kecil. Penelitian ini memiliki keunggulan pada ukuran <i>prototype</i> yang ringkas yaitu 7 cm x 8 cm dengan menggunakan komponen <i>Surface Mounting Device</i> (SMD). Parameter yang diukur dan direkam pada penelitian ini adalah mengukur dan merekam data tegangan searah setelah melewati MPPT dan arus. Arus diukur menggunakan sensor ACS712 dan tegangan diukur menggunakan pembagi tegangan. <i>Microcontroller</i> yang digunakan adalah ATmega 328P. Hasil perekaman data disimpan ke dalam <i>SD Card</i> tanpa sistem penyimpanan <i>back up</i> .
2	Sistem <i>Monitoring</i> Secara <i>Real-Time</i> Penyimpanan Energi Listrik dari <i>Wind</i>	Muhammad Hanif Abdillah, Bayu Erfianto, Catur Wirawan	Pada penelitian ini terdapat permasalahan pada <i>data logger</i> sebelumnya yaitu pengambilan data hanya dilakukan pada waktu

	<i>Turbine</i> Lentera Angin Nusantara (LAN)	Wijiutomo (2015)	tertentu, data belum berupa grafik dan pembacaan akan terhenti ketika sedang dilakukan pengambilan data. Dalam penelitian ini diberikan solusi agar <i>data logger</i> dapat menampilkan grafik data arus, tegangan searah dan daya. Penelitian ini juga dapat melakukan pengiriman data secara <i>real-time</i> dan ditampilkan pada aplikasi berbasis web menggunakan protokol komunikasi MQTT dengan <i>broker</i> MQTT yang digunakan adalah <i>HiveMQ</i> . Penelitian ini menggunakan <i>voltage divider</i> untuk mengukur tegangan searah, sensor ACS712 untuk mengukur arus. Daya terukur dari perkalian antara tegangan dan arus yang terukur. <i>Microcontroller</i> yang digunakan adalah <i>arduino uno</i> . <i>Ethernet shield</i> dan <i>Wido DFR0321</i> digunakan untuk menghubungkan <i>arduino uno</i> dengan internet.
3	Rancang Bangun Alat <i>Monitoring Output</i> Modul PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) Berbasis <i>Data logger</i>	Ajeng Ayu You Maike, Rizana Fauzi, Mery Subito, Tan Suryani S, Alamsyah (2022)	Penelitian ini bertujuan membuat alat <i>monitoring</i> untuk mengukur dan mencatat tegangan searah dan arus pada pembangkit listrik tenaga angin. Pengukuran tegangan searah dan arus menggunakan sensor INA219, dengan <i>arduino uno</i> sebagai <i>microcontroller</i> . Data tegangan searah dan arus yang diukur dikirim ke laptop menggunakan aplikasi PLXdaq, yang

			memungkinkan pemantauan dan tampilan pengukuran secara <i>real-time</i> . Periodik waktu pengukuran dilakukan per detik. Berdasarkan hasil pengujian sensor INA219 nilai <i>error</i> pada sensor tersebut tidak melebihi 1%, artinya sensor tersebut memiliki keakuratan yang tinggi.
4	<i>Monitoring dan Data logger</i> untuk Daya Keluaran Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin	Gery Prasetya, Ratna Ika Putri, Fitri, Septyana Riskitasari (2024)	Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat <i>monitoring</i> dan perekaman data pada pembangkit listrik tenaga angin. Penelitian ini berfokus pada pengukuran tegangan searah, arus dan kecepatan angin pada interval waktu tertentu yang dapat diakses pada memory <i>SD card</i> dan disimpan secara online pada <i>web server</i> . Pengukuran menggunakan RS-FSJT-N01 untuk mengukur kecepatan angin, sensor arus ACS712 5A untuk mengukur arus, dan <i>voltage divider</i> untuk mengukur tegangan. <i>Microcontroller</i> yang digunakan adalah ESP32 dikarenakan terdapat <i>Wi-Fi</i> untuk koneksi internet. Tampilan <i>real-time</i> menggunakan LCD TFT Nextion dan terdapat slot <i>SD card</i> pada LCD TFT Nextion sehingga tidak perlu menyediakan modul <i>SD card</i> untuk menyimpan <i>SD card</i> . Hasil pengukuran menghasilkan nilai <i>error</i> pada sensor kecepatan angin sebesar 0.089%, sensor tegangan sebesar 0.08%, dan

			sensor arus ACS712 sebesar 0.051%, artinya akurasi sensor tersebut baik. Kecepatan pengiriman data adalah 2154 milidetik per rekaman data.
--	--	--	--

Penelitian terkait pada tabel 2.7 bertujuan untuk analisa, tambahan penelitian, dan pembandingan antara penelitian terkait dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Beberapa penelitian terkait diantaranya adalah :

1. Penelitian pada tabel 2.7 pada nomor 1 membahas mengenai *data logger* pembangkit listrik tenaga bayu dengan kelebihan ukuran yang kecil menggunakan komponen *Surface Mounting Device (SMD)*. *Data logger* pada penelitian tersebut mengukur parameter tegangan searah dan arus menggunakan *microcontroller* ATmega 328P, sensor pembagi tegangan, dan sensor ACS712. Kemudian hasil pengukuran tersebut disimpan ke dalam *sd card*. Perbedaan pada penelitian tersebut adalah komponen yang digunakan, penelitian yang akan dilaksanakan menggunakan ESP32 sebagai pengolah hasil pengukuran sensor. Selain tegangan searah dan arus, penelitian yang akan dilaksanakan juga menambahkan pengukuran kecepatan angin yang diukur menggunakan *anemometer*. Tegangan searah dan arus diukur menggunakan PZEM-017. Terdapat 3 *node* yang berfungsi sebagai *receiver* dan 2 *transmitter* yang berkomunikasi dengan ESP-NOW secara *many-to-one*. Data *real-time* dapat ditampilkan dan unduh riwayat data secara *online* pada *dashboard* di *Node-RED* melalui MQTT.
2. Penelitian pada tabel 2.7 nomor 2 membahas mengenai sistem *monitoring* pembangkit listrik tenaga bayu di Lentera Angin Nusantara menggunakan

protokol komunikasi MQTT yang bertujuan untuk melakukan *monitoring* penggunaan energi listrik, arus, dan tegangan pada baterai menuju beban. Pada penelitian tersebut menggunakan *HiveMQ* sebagai *broker* MQTT, *arduino uno* sebagai *microcontroller*, *ethernet shield* untuk menghubungkan ke internet, sensor pembagi tegangan sebagai pengukur tegangan, sensor ACS712 sebagai pengukur arus. Penelitian tersebut menyimpan data pengukuran ke dalam *log file* pada *broker* MQTT. Perbedaan pada penelitian yang akan dilaksanakan terdapat pada penambahan parameter pengukuran yaitu kecepatan angin yang diukur menggunakan *anemometer*, kemudian sensor yang digunakan untuk mengukur tegangan searah dan arus adalah PZEM-017, dan *microcontroller* menggunakan 3 unit ESP32 yang berfungsi sebagai *receiver* dan 2 *transmitter*. Antar ESP32 dihubungkan melalui ESP-NOW secara *many-to-one*. *Node transmitter* tegangan dan arus berfungsi mengukur tegangan searah dan arus, *node transmitter* kecepatan angin berfungsi mengukur kecepatan angin, *Node receiver* menerima data dari semua *node transmitter* dan juga mengirimkan data tersebut ke *broker* MQTT. Terdapat kesamaan pada penggunaan protokol komunikasi MQTT sebagai protokol komunikasi untuk *monitoring* dan media penyimpanan secara *cloud*, namun pada penelitian yang akan dilaksanakan menggunakan *platform* Node-RED sebagai *subscriber* MQTT.

3. Penelitian pada tabel 2.7 nomor 3 membahas tentang alat *monitoring* dan *data logger* pembangkit listrik tenaga bayu. Penelitian tersebut menggunakan *PLXdaq* (*Parallax Data Acquisition*) untuk menampilkan dan

menyimpan data pengukuran. Penelitian tersebut mengukur tegangan searah dan arus menggunakan sensor INA219 kemudian menggunakan arduino uno sebagai *microcontroller*. Perbedaan pada penelitian yang akan dilaksanakan adalah penambahan parameter pengukuran yaitu kecepatan angin yang diukur menggunakan *anemometer*. Kemudian menggunakan 3 unit ESP32 sebagai *microcontroller* yang digunakan sebagai *receiver* dan *transmitter* yang dihubungkan melalui ESP-NOW secara *many-to-one*. *Node transmitter tegangan dan arus* berfungsi sebagai sistem yang melakukan pengukuran tegangan searah dan arus, *Node transmitter kecepatan angin* berfungsi sebagai sistem yang melakukan pengukuran kecepatan angin. Kemudian untuk melakukan *monitoring* dan penyimpanan secara *online* menggunakan MQTT dengan menggunakan *HiveMQ* sebagai *broker* MQTT dan *platform* Node-RED sebagai *subscriber* MQTT.

4. Penelitian pada tabel 2.7 nomor 4 membahas tentang sistem *monitoring* dan *data logger* pada pembangkit listrik tenaga bayu menggunakan ESP32. Penelitian tersebut melakukan pengukuran kecepatan angin menggunakan sensor RS-FSJT-N01, pengukuran tegangan searah menggunakan sensor pembagi tegangan, pengukuran arus menggunakan sensor ACS712, dan menyimpannya pada *web server* dan *sd card* pada slot *sd card* pada *LCD TFT Nextion*. Perbedaan pada penelitian yang akan dilakukan adalah menggunakan 3 unit ESP32 yang berkomunikasi menggunakan ESP-NOW sehingga sistem dapat melakukan pengukuran kecepatan angin dan daya pada lokasi yang berbeda karena di Lentera Bumi Nusantara pengukuran

kecepatan angin dilakukan pada tiang di luar sedangkan pengukuran tegangan dan arus dilakukan pada panel yang terdapat di *Battery Station*. Kemudian untuk media penyimpanan data dan *monitoring* menggunakan *platform* Node-RED dengan komunikasi MQTT