

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Mandiri Energi**

Konsep mandiri energi erat kaitannya juga dengan penggunaan energi baru terbarukan (EBT). Energi mandiri adalah sebuah konsep penggunaan serta pemanfaatan energi khususnya energi listrik yang dihasilkan secara mandiri atau tidak bergantung dari sumber energi listrik dari perusahaan listrik negara (PLN) yang umumnya dipakai di Indonesia. Energi mandiri dihasilkan dari energi baru terbarukan.

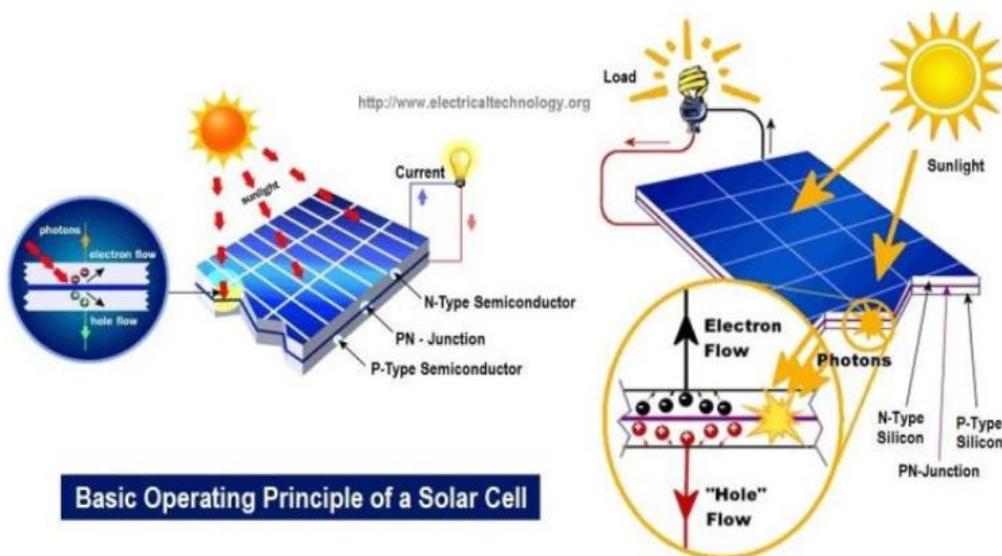
Energi terbarukan adalah sumber energi yang bersumber dari alam serta bisa dimanfaatkan secara berkelanjutan atau terus-menerus. Pernyataan tersebut sejalan dengan keterangan yang dipaparkan dari *International Energy Agency* (IEA) yang juga menyatakan bahwa energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari proses alam yang terjadi secara berulang. Energi terbarukan hadir sebagai sebuah solusi bagi keterbatasan sumber energi yang bersifat tak terbarukan salah satunya adalah energi fosil (Mawardi, n.d.) yang bila digunakan secara terus menerus akan memberikan dampak yang tidak baik untuk lingkungan yaitu peningkatan emisi karbon.

#### **2.2 Sel Surya**

Sel surya atau *solar cell* adalah suatu elemen aktif yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, dengan prinsip yang disebut efek *photovoltaic*. Sel surya ini terbuat dari kepingan (*wafer*) bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif, sama dengan dioda hanya saja permukaannya yang dibuat luas supaya dapat menangkap cahaya matahari sebanyak mungkin. Apabila cahaya jatuh pada permukaan

sel surya maka akan timbul perbedaan tegangan. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar sel surya dapat dihubung seri atau parallel tergantung sifatnya (Sutrisno, 2012).

Sel surya bekerja berdasarkan prinsip *p-n junction* atau daerah persambungan antara semikonduktor tipe-p dan semikonduktor tipe-n. Dalam material semikonduktor itu tersusun dari ikatan-ikatan atom dan terdapat elektron sebagai materi dasar penyusunnya. Semikonduktor tipe-n memiliki sifat kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan tipe-p memiliki karakteristik kelebihan *hole* (muatan positif) dalam struktur atomnya (Haerurrozi et al., 2018). Gambar 2.1 merupakan skema kerja dari sebuah sel surya dalam mengubah energi matahari menjadi energi listrik.



Gambar 2.1 Skema kerja panel surya

(Sumber: Haerurrozi et al., 2018)

Sel surya juga memiliki parameter efisiensi yang didefinisikan dengan perbandingan output energi dari sel surya terhadap terhadap energi masukan dari matahari. Efisiensi sel surya ditentukan sebagai banyaknya penyinaran sinar matahari

yang diubah menjadi listrik dan didefinisikan dengan persamaan berikut (Pido & Himran, 2018):

$$FF = \frac{V_m \times I_m}{V_{OC} \times I_{SC}} \quad (2.1)$$

$$P_{out} = V_{OC} \times I_{SC} \times FF \quad (2.2)$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dimana:

- $FF$  = *Fill Factor* (tanpa satuan)
- $V_m$  = Tegangan Maksimum (Volt)
- $I_m$  = Arus Maksimum (Ampere)
- $V_{OC}$  = Tegangan Rangkaian Terbuka (Volt)
- $I_{SC}$  = Arus Hubung Singkat (Ampere)
- $\eta$  = Efisiensi
- $P_{out}$  = Daya Keluaran (Watt)
- $P_{in}$  = Daya Masukan (Watt)

### 2.3 Shading Effect

*Shading effect* atau efek bayangan adalah suatu kondisi ketika sistem fotovoltaik tidak menerima tingkat radiasi matahari yang merata pada seluruh permukaannya disebabkan oleh beberapa penghalang. Pada kondisi ini, sel-sel yang menerima radiasi dengan tingkat yang rendah masih dapat menyerapnya dan memproduksinya untuk menghasilkan energi listrik (Craciunescu & Fara, 2023).

*Shading effect* yang sering terjadi di lapangan adalah *partial shading*.

*Partial shading* merupakan fenomena yang sering terjadi pada sebuah panel surya ketika sebagian sel pada panel surya terhalang oleh berbagai objek, baik objek yang bersifat statis seperti bangunan atau objek yang bersifat dinamis seperti pergerakan

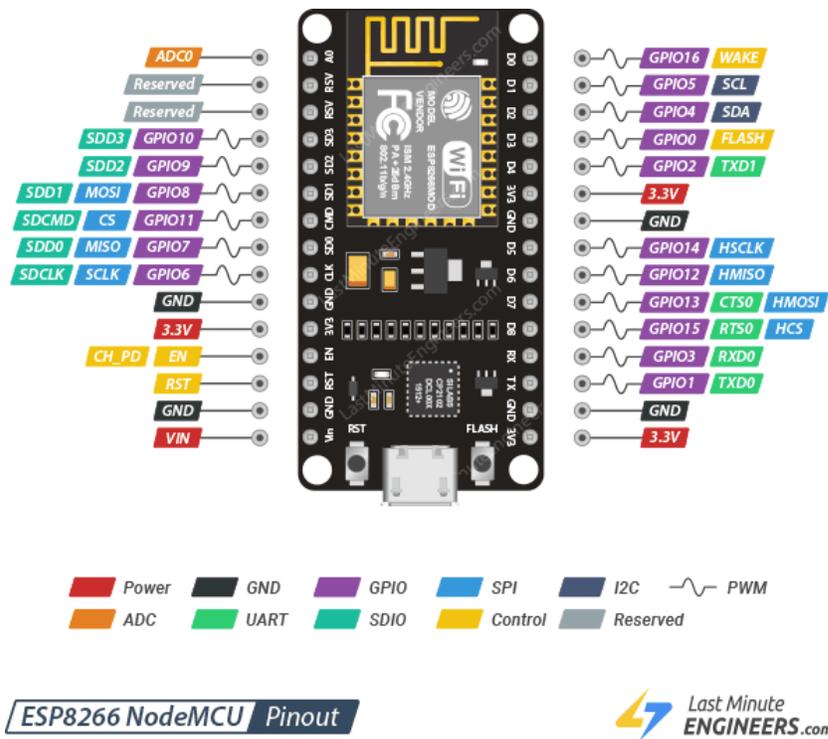
awan atau daun pada pepohonan (Al Mamun et al., 2017). Partial *shading* ini berefek pada penurunan daya keluaran dari sel surya. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa peningkatan partial *shading* yang terus menerus akan mencapai titik kritis namun daya keluaran dari panel surya tetap konstan (Sri Aprillia et al., 2019).

#### **2.4 Proses Pengisian Energi (*Charging*) dari Sel Surya ke Baterai**

Energi listrik yang dihasilkan dari proses pengubahan energi matahari menjadi listrik oleh sel surya berupa tegangan DC akan digunakan untuk mengisi daya pada baterai. Proses pengisian baterai dapat dibantu dengan alat yang dinamakan *charge controller* (Sardju & Abbas, 2021).

#### **2.5 Node MCU ESP 8266**

Node MCU adalah sebuah mikrokontroler yang sudah dilengkapi dengan modul WiFi ESP 8266 di dalamnya. ESP 8266 sama seperti dengan Arduino namun memiliki kelebihan yaitu sudah memiliki modul WiFi. ESP 8266 dapat diprogram dengan menggunakan bantuan *software* Arduino IDE yang biasa digunakan untuk memprogram *serial board* Arduino. Sama seperti Arduino, Node MCU ESP 8266 memiliki pin input output yang dapat digunakan untuk menghubungkan dengan berbagai macam sensor serta sumber dayanya. ESP8266 digunakan sebagai chip terintegrasi Wi-Fi, dan ukurannya sangat kecil (Sutikno et al., 2021).



Gambar 2.2 Node MCU ESP 8266

(Sumber: Lastminuteengineers.com, 2023)

Berikut adalah tabel 2.1 yang memberikan informasi spesifikasi dari node MCU ESP 8266.

Tabel 2.1 Spesifikasi Node MCU ESP 8266

Mikrokontroler	ESP 8266
Tegangan input	5V
Tegangan kerja	3 – 3,6 V
Pin digital I/O	10 pin
Frekuensi	2,4 GHz
Flash memory	4 Mb
Wifi	IEEE 802.11 b/g/n
Antena	On board
Clock speed	24 MHz

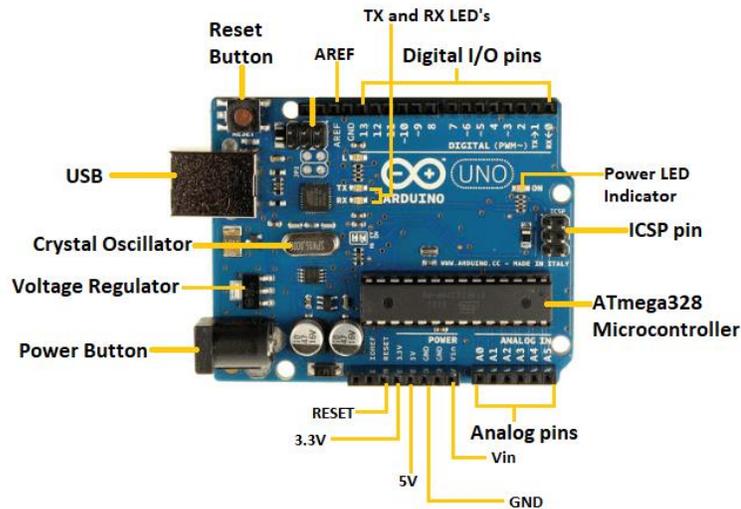
Berat	5 gr
Dimensi	49 mm × 24 mm × 13 mm

## 2.6 Arduino UNO

Arduino adalah sebuah platform open-source yang dapat digunakan untuk merancang dan memprogram sistem elektronik. Arduino dapat menerima dan mengirim informasi ke sebagian besar perangkat dan bahkan melalui internet untuk memerintahkan atau menjalankan perangkat tertentu. Hal itu dapat dilakukan dengan bantuan perangkat keras berupa papan circuit bernama Arduino Uno. Perangkat ini dapat diprogram melalui sebuah software bernama Arduino IDE. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah C++ untuk memprogram papan Arduino tersebut. Dengan sebuah Arduino dapat membantu pengguna dalam membaca informasi yang masuk dari perangkat masukan seperti sensor-sensor, antenna, Trimmer (potensiometer) dan sebagainya. Selain itu, Arduino dapat mengirimkan informasi ke perangkat keluaran seperti LCD, speaker, motor DC, dan sebagainya (Badamasi, 2014).

Papan Arduino memiliki 2 elemen penting yaitu hardware dan software. Elemen hardware terdiri dari mikrokontroler sebagai pusat pengendalian board Arduino yang memiliki fungsi kerja seperti komputer kecil dan dapat menerima serta mengirim informasi atau perintah ke perangkat yang tersambung dengannya. Pada Arduino Uno jenis mikrokontroler yang digunakan adalah ATmega328 dengan clock speed 16 MHz. Papan Arduino di suplai melalui *external power supply* yang memiliki

regulator tegangan pada rentang 9 – 12 V. USB plug digunakan untuk mengunggah kode program yang telah dibuat ke papan Arduino menggunakan sebuah kabel USB, juga USB plug ini dapat digunakan sebagai suplai dengan tegangan maksimum 5 V jika power suplai eksternal tidak digunakan. Elemen hardware utama lainnya adalah pin yang terdiri dari pin analog (A0 – A5) yang digunakan untuk input/ output analog. Pin digital I/O Pins yang digunakan untuk input/output digital (0 – 13), serta pin power yang dapat menyediakan tegangan antara 3.3 – 5 V dan pin ground. Gambar 2.3 adalah gambar papan Arduino Uno (Louis, 2016).



Gambar 2.3 Arduino Uno

(Sumber: javatpoint.com)

## 2.7 Solar Charge Controller (SCC)

*Charge controller* adalah perangkat elektronika yang berfungsi untuk mendukung performa kinerja baterai yang baik. Baterai dapat menyimpan energi, namun jumlahnya terbatas, akibatnya baterai akan mengalami siklus charging dan

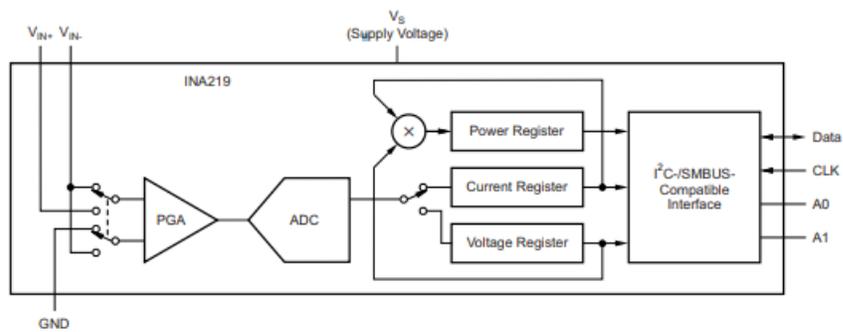
discharging secara bergantian. Proses charging dan discharging yang tidak tepat ini dapat menyebabkan performa baterai menurun. Penggunaan charge controller ini memiliki fungsi untuk mengatur pengisian tegangan dari panel surya ke baterai agar tidak terjadi overcharging dan overvoltage (Sardju & Abbas, 2021).



Gambar 2.4 *Solar Charge Controller*

## 2.8 Sensor INA 219

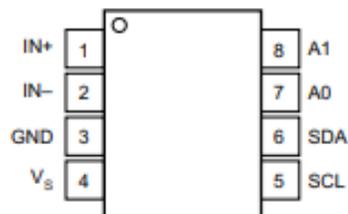
Sensor INA 219 adalah sensor yang memiliki fungsi untuk mendeteksi arus, serta tegangan pada suatu rangkaian listrik secara bersamaan. Sensor ini didukung dengan adanya interface inter integrated circuit (I2C) atau SMBUS-Compatible yang memiliki kemampuan memonitoring tegangan shunt dan suplai tegangan bus, dengan konversi program times and filtering. Sensor ini memiliki sebuah amplifier input (Monda et al., 2018).



Gambar 2.5 Skematik Sensor INA 219

(Sumber: Datasheet INA219)

Pada gambar 2.5 sensor INA 219 merupakan gambar skematik dari sensor INA 219 yang memiliki beberapa pin I/O yang disederhanakan dalam gambar konfigurasi pin I/O pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6 Pin I/O Sensor INA 219

(Sumber: Datasheet INA 219)

Pin  $V_s$  adalah pin suplai tegangan. Pin  $IN+$  dan  $IN-$  merupakan pin input dari tegangan shunt,  $IN+$  terhubung dengan hambatan shunt dan  $IN-$  dengan ground. Pin  $A0$  dan  $A1$  merupakan alamat dari pin analog input. Pin  $SDA$  dan  $SCL$  merupakan pin serial bus data dan serial clock line. Sensor INA 219 dapat mendeteksi tegangan bus yang berkisar antara 0 – 26 V. tegangan suplai untuk sensor ini bekerja pada 3 – 5,5 V

dengan konsumsi arus suplai maksimum 1mA, dan beroperasi pada suhu 40°C hingga 125°C.

## 2.9 Raindrop Sensor

Raindrop sensor atau sensor tetesan hujan adalah sensor yang memiliki fungsi mendeteksi jika adanya tetesan air hujan yang mengenai sensor. Namun sensor ini tidak hanya digunakan untuk mendeteksi tetesan air hujan, bisa digunakan untuk jenis tetesan lainnya. Prinsip kerja sensor ini secara sederhana yakni jika ada tetesan air mengenai bidang permukaan sensor, maka resistansi sensor akan berubah. Semakin banyak tetesan yang mengenai permukaan sensor maka semakin kecil nilai resistansinya. Begitupun sebaliknya semakin sedikit tetesan yang mengenai permukaan sensor maka semakin besar nilai resistansinya.



Gambar 2.7 Sensor Raindrop dan modul pinout

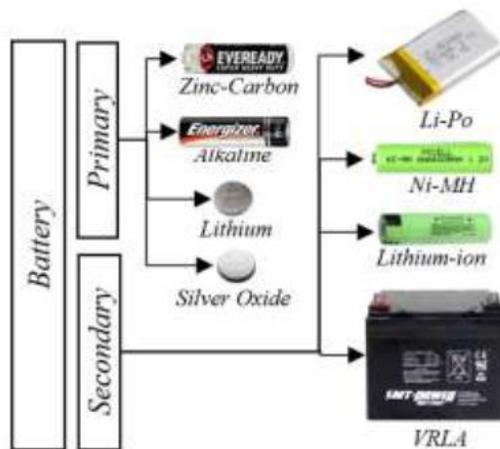
(Sumber : Suryana, 2021)

Pada gambar 2.7 memperlihatkan 2 bagian sensor raindrop, yaitu sensor raindrop (kiri) dan modul pinout (kanan). Pada modul pinout sensor dilengkapi dengan IC komparator LM393. Pada modul memiliki 6 pin yaitu VCC, GND, D0 sebagai pin keluaran sinyal digital, A0 sebagai pin keluaran analog yang berfungsi memberi sinyal

analog dengan rentang antara 0 – 5 V, serta pin +/- sebagai penghubung sensor dengan modul pinout (Suryana, 2021).

## 2.10 Baterai

Baterai adalah sebuah piranti yang digunakan untuk mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi reduksi – oksidasi (redoks). Perubahan ini didasari oleh konsep transfer elektron dari satu material ke material lainnya melalui sirkuit atau rangkaian luar (Setiawan, n.d.). Berdasarkan jenisnya baterai digolongkan menjadi dua bagian, yaitu baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer adalah jenis baterai yang hanya dapat digunakan satu kali saja dan tidak dapat diisi ulang kembali, sedangkan baterai sekunder adalah jenis baterai yang dapat digunakan berulang serta dapat diisi ulang (Wijaya. N. M. A, 2021). Gambar 2.7 menunjukkan beberapa contoh gambar baterai berdasarkan jenisnya.



Gambar 2.8 Berbagai Jenis Baterai

(Sumber: Wijaya. N. M. A, 2021)

Sistem yang dirancang tentunya memerlukan energi agar dapat berjalan sebagaimana mestinya. Energi yang digunakan ini bisa berasal dari baterai. Untuk mengetahui berapa kebutuhan energi yang dibutuhkan oleh sistem maka dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$E = V \times I \times t \quad (2.4)$$

Dimana:

$E$  = Energi yang dikonsumsi (Wh)

$V$  = Tegangan kerja (Volt)

$I$  = Arus (Ampere)

$t$  = waktu kerja (jam)

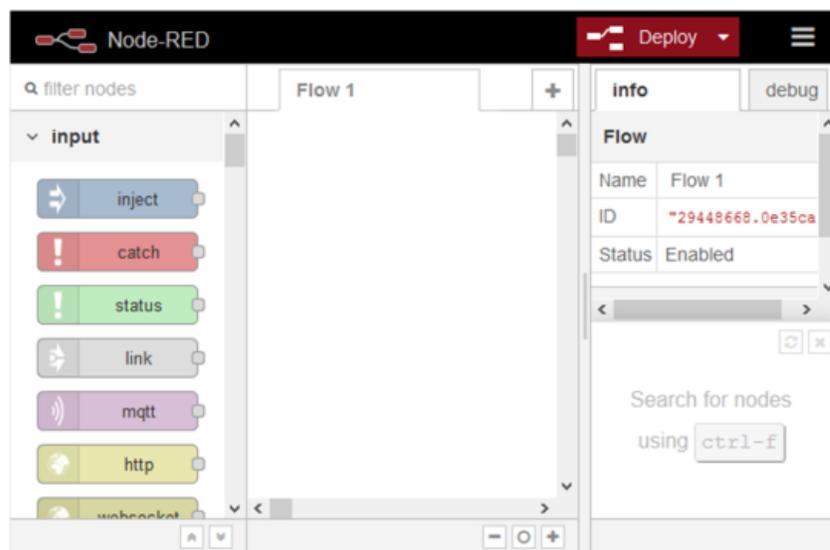
Sedangkan kapasitas baterai yang dapat diberikan untuk beban atau sistem dapat dihitung dengan cara membagi Energi yang digunakan dengan tegangan baterai sebagai berikut (Anton et al., 2023).

$$\text{Kapasitas Baterai (Ah)} = \frac{\text{Energi Listrik (Wh)}}{\text{tegangan kerja baterai (V)}} \quad (2.5)$$

### 2.11 Node-RED dan MQTT

Node-RED adalah sebuah pengembang *open source* berbasis *flow* untuk mengintegrasikan perangkat keras IoT, APIs (Application Programming Interfaces) dengan pelayanan secara online yang dikembangkan oleh IBM Emerging Technology. Bersifat tanpa berbayar Node-RED dibangun di atas platform Node.JS sehingga tools atau perlengkapan di dalamnya menggunakan JavaScript sebagai basisnya, yang menyediakan sebuah *editor flow* berbasis browser. Dalam sistemnya terdapat berbagai node yang direpresentasikan dengan ikon yang sesuai. Node-RED bekerja

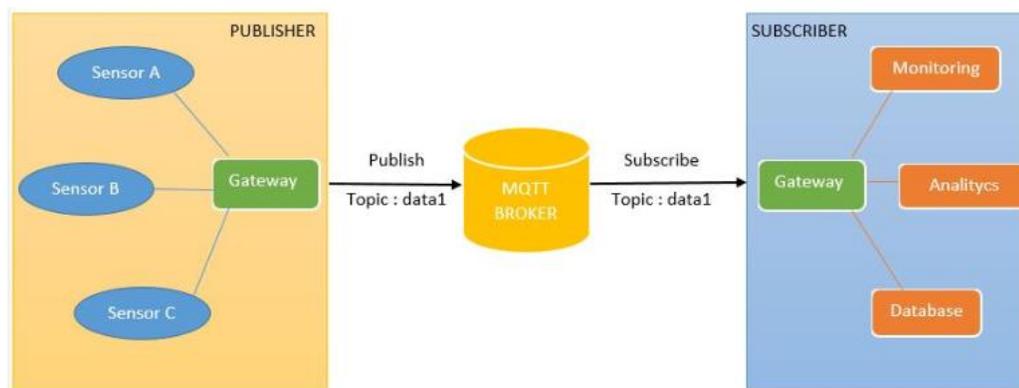
bersdasarkan 2 cara yaitu *drag, drop node* (seret, jatuhkan node) dan sambungkan, atau mengimpor kode JavaScript. Node yang tersedia memiliki fungsi yang berbeda seperti memonitoring flow, sebagai debug keluaran node, dan sebagainya. Node-RED memungkinkan penggunaanya untuk menghubungkan input, output, dan node pemrosesan dalam membuat sebuah flow untuk mengendalikan suatu sistem atau mengirimkan suatu peringatan atau pemberitahuan. 3 komponen utama dalam Node-RED adalah Node Panel, flow Panel, Info dan Debug Panel (Lekić & Gardašević, 2018). Gambar 2.9 menunjukkan gambar tampilan awal dari browser Node-RED.



Gambar 2.9 Tampilan Node-RED

MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) adalah sebuah protokol komunikasi yang berbasis publish-subscribe yang bekerja di atas rangkaian TCP/IP. MQTT adalah sebuah protokol ringan yang diciptakan untuk memaksimalkan lalu lintas jaringan dan cepat. MQTT dapat digunakan untuk aplikasi seluler serta komunikasi antara mesin ke mesin dan sensor. Pola komunikasi yang terjadi antara

publisher dan subscriber dibantu oleh perantara pesan yang disebut MQTT Broker. MQTT broker bertindak sebagai perantara untuk meneruskan pesan yang diterima subscriber dari publisher sesuai dengan topic pesan yang telah ditentukan (Rattanapoka et al., 2019). Gambar 2.10 menunjukkan ilustrasi kerja dari protokol MQTT.



Gambar 2.10 Ilustrasi kerja MQTT

(Sumber: <http://reslab.sk.fti.unand.ac.id/>)

Dalam pengaplikasiannya Node-RED dan MQTT dapat digunakan untuk membangun suatu sistem untuk memonitoring atau mengontrol suatu perangkat IoT. Salah satunya adalah menampilkan data hasil pembacaan suatu sensor dan menyimpannya kedalam file excel dengan memanfaatkan beberapa perintah node dalam Node-RED.

## 2.12 Penelitian Terkait

Penelitian tentang rancang bangun prototipe sistem pemantau hasil tampung nira berbasis *internet of things* (IoT) ini telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, dengan penggunaan komponen dan variabel yang berbeda. Hasil dari penelitian tersebut dituliskan ke dalam jurnal yang dapat dijadikan sebagai referensi atau rujukan sebagai pembanding dan acuan juga dalam penelitian yang sedang dilakukan.

Tabel 2.2 Beberapa Penelitian yang Telah dilakukan dan Terkait dengan Tema Penelitian yang akan Dilakukan

No	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan Jurnal
1	Sistem Pemantau Hasil Tampung Nira Kelapa Berbasis IoT ( <i>Internet of Things</i> )	Daru Quthni Firdaus, Ali Rizal Chaidir, Wahyu Muldayani, Guido Dias Kalandro, Dodi Setiabudi	Teknik Elektro, Universitas Jember, 2022	Telah dibuat sistem pemantau nira kelapa berbasis IoT dengan menggunakan komponen sensor <i>water level float</i> sebagai sensor pemantau hasil tampung nira kelapa, mikrokontroler yang digunakan adalah node mcu esp 8266, dan modul LoRa SX1278. Sistem akan memberikan notifikasi kepada pengguna melalui aplikasi telegram.

2	Sistem Monitoring Ketinggian Air Berbasis Aplikasi Pengirim Pesan	Al Barkah	Teknik Elektro Universitas Siliwangi, 2020	Penelitian ini membuat rancang bangun sistem monitoring ketinggian air dan peringatan banjir otomatis dengan mengetahui ketinggian (level) permukaan air sungai. Komponen yang digunakan adalah sensor ultrasonik berbasis mikrokontroler. Notifikasi peringatan banjir akan disampaikan melalui Whatsapp.
3	Pembuatan Prototipe Pengumpul Nira dengan Notifikasi SMS ke Pengguna	Faiz Nur Izzuddin	Teknik Komputer, Sekolah Vokasi IPB, 2019	Telah dibuat sistem prototipe pengumpul nira berbasis pesan singkat atau SMS ke penyadap aren dengan menggunakan beberapa komponen diantaranya Mikrokontroller Arduino Uno, Modul SIM, dan <i>water level sensor</i> .
4	Sistem Kontrol Beban dan Monitorng Daya Baterai Pada Panel Surya 50 Wp untuk Aplikasi Penerangan	Michelin Radina, F.X. Arinto S, dan Sumadi	Teknik Elektro Universitas Lampung, 2022	Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mempermudah pengguna dalam memonitoring nilai tegangan dan arus daam baterai yang disuplai dari panel surya berbasis <i>internet of things</i> . Komponen yang digunakan sensor INA 219 dan Node MCU. Data hasil penelitian memiiki tingkat keberhasilan sebesar 99,75% dengan nilai error 0,25%. Hasil pengukuran dikirim dan dapat dilihat di serial monitor Blynk (Putri et al., 2022).

	Berbasis <i>Internet of Things</i>			
5	Sistem Pendeteksi Banjir Berbasis Sensor Ultrasonik dan Mikrokontroler dengan Media Komunikasi SMS <i>Gate Way</i>	Rini Sulistyowati, Hari Agus Sujono, dan Ahmad Khamdi Musthofa	Teknik Elektro, Teknik Informatika Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, 2015	Pada penelitian ini telah dirancang sistem yang berfungsi untuk mendeteksi banjir yang dapat bekerja secara otomatis berdasarkan ketinggian (level) permukaan air sungai. Mengimplementasikan sensor ultrasonik dan mikrokontroler yang akan memberikan notifikasi melalui SMS. Hasil uji sistem menyatakan keakurasian pada sensor ultrasonik dengan rata-rata eror sebesar 1,21% (Sulistyowati et al., 2015).
6	Investigasi Efek <i>Partial Shading</i> terhadap Daya Keluaran Sel Surya	Bandiyah Sri Aprillia, Muhammad Rafiqy Zulfahmi, dan Achmad Rizal	Telkom University, 2019	Telah dilakukan penelitian terkait efek <i>partial shading</i> pada panel surya 1 Wp yang dilakukan pada jam 10.00 – 14.00 WIB terhadap daya keluaran sel surya. Penurunan daya keluaran berbanding lurus seiring dengan bertambahnya <i>partial shading</i> dari total area sel surya. Variasi <i>partial shading</i> mulai dari kondisi tanpa <i>shading</i> , 50% <i>shading</i> , dan 25% <i>shading</i> dari total area panel surya dan didapat penurunan daya sebesar 88,2% pada 50% <i>shading</i> dan 75,6% pada 25% <i>shading</i> (Sri Aprillia et al., 2019).

Perbedaan dengan penelitian yang sedang dilakukan adalah beberapa komponen yang dipilih dan digunakan dalam penelitian ini. komponen yang digunakan adalah sensor raindrop yang digunakan untuk mendeteksi tetesan cairan nira aren yang sedang ditampung, selain itu pemantauan keluaran panel surya berupa arus dan tegangan dari sistem akan ditampilkan di Node-RED dan di simpan pada file dengan ekstensi .csv. Analisa terhadap pengaruh *shading effect* yang terjadi pada panel surya yang digunakan oleh sistem, serta pemantauan konsumsi energi yang akan dihitung dalam penelitian ini.