

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 KAJIAN PUSTAKA**

Pada penelitian yang dilakukan oleh Gunawan Arisandi pada tahun 2021, telah dirancang sebuah alat berbasis STM32 untuk memonitor detak jantung menggunakan sensor *pulse*. Tujuan dari alat Monitoring detak jantung ini adalah sebagai indikator kesehatan. Pada bagian *power supply* alat, terdapat tegangan awal sebesar 9 VDC yang akan disalurkan ke berbagai bagian rangkaian, termasuk blok *input*, proses, dan *Output*. Di bagian *input*, terdapat *pulse sensor* yang berfungsi sebagai sensor utama untuk mendeteksi detak jantung. Sensor *pulse* ini mengirimkan sinyal *pulse* ke modul STM32. Alat ini didesain untuk memantau denyut nadi secara *realtime* dan kontinu dengan menggunakan sensor *pulse* sebagai pembaca detak jantung. Cara kerja sensor *pulse* ini adalah dengan memancarkan cahaya pada area tertentu di ujung jari tangan atau ujung daun telinga, lalu mendeteksi pantulan cahaya yang kembali ke sensor tersebut [9].

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Agung Gamara dan Atika Hendryani pada tahun 2019, dilakukan perancangan alat Monitoring detak jantung dan suhu tubuh berbasis *Android*. Alat ini menggunakan sensor MAX30100 untuk mendeteksi detak jantung, dan sensor DS18B20 untuk mengukur suhu tubuh. Perancangan ini menggunakan *bluetooth* sebagai media pengiriman data. Namun, penggunaan *bluetooth* sebagai media pengiriman data dalam perancangan alat ini memiliki beberapa kelemahan. Salah satu kelemahannya adalah kesulitan dalam menemukan penerima data jika terdapat banyak koneksi *bluetooth* di sekitar wilayah tersebut [10].

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Yovi Afriansyah dan rekannya pada tahun 2019, dilakukan perancangan alat yang dapat mendeteksi detak jantung, suhu tubuh, dan tekanan darah berbasis *Arduino* dan *smartphone android*. Alat ini menggunakan mikrokontroler Atmega328, *Pulse sensor* untuk mengukur detak jantung, sensor DS18B20 untuk mengukur suhu tubuh, dan sensor MPX5050DP untuk mengukur tekanan darah. Perancangan ini melibatkan penggunaan *bluetooth HC-05* sebagai media komunikasi untuk mentransfer data yang kemudian

ditampilkan pada *smartphone* terhubung [11]. Seperti halnya penelitian sebelumnya, penggunaan *bluetooth* sebagai metode pengiriman data memiliki kelemahan jika terdapat banyak koneksi *bluetooth* dalam satu area.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Victori Polly dan timnya pada tahun 2020, dirancang sebuah alat pendeteksi suhu tubuh secara non kontak menggunakan sensor MLX90614 yang terintegrasi dengan mikrokontroler. Alat ini dilengkapi dengan fitur suara yang menggunakan mikrokontroler Atmega328 dan *software Integrated Development Environment (IDE)*. Perancangan ini menggunakan diagram blok dan aplikasi Fritzing untuk memudahkan pemahaman sistem kerja alat. Mikrokontroler berfungsi sebagai pengolah data dari sensor suhu MLX90614 yang bekerja tanpa kontak langsung. Data suhu diolah di mikrokontroler, dan melalui *DFPlayer* mini, alat menghasilkan suara yang sesuai dengan suhu yang terdeteksi. Suara tersebut berasal dari rekaman yang disimpan pada kartu *microSD* yang terdapat di *DFPlayer mini* [12].

Penelitian yang dilakukan Yanuar Mukhammad dan Agoes Hyperastuti yang berjudul sensitivitas sensor MLX90614 sebagai alat pengukur suhu tubuh *non-contact* pada manusia, penelitian ini menggunakan sensor MLX90614 untuk mengukur suhu tubuh *non-contact*. Metode pengukuran yang digunakan dalam pengujian sensor melibatkan metode kalibrasi linier dengan mengambil 29 data secara *real-time*. Jarak antara sensor dan objek yang diukur berkisar antara 3 cm hingga 5 cm. Dalam pengujian, sebuah solder yang berfungsi sebagai objek benda panas ditempatkan langsung di atas sensor, sementara kalibrator (termometer suhu tubuh dengan *thermocouple*) ditempatkan dekat dengan sensor untuk memperoleh nilai akurasi dan sensitivitas keduanya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa persentase *error* sensor MLX90614 dibandingkan dengan sensor *thermocouple* mencapai nilai tertinggi sebesar 2,8%. Perlu dicatat bahwa persentase error yang lebih dari 2% terjadi hanya beberapa kali dalam pengujian, dan mayoritas kesalahan terjadi dalam rentang *error* 0-1% [13].

Pada tahun 2021, Abdul Haris Kuspranoto dan Frada Oktaruli Sinaga melakukan penelitian dengan judul "Monitoring Suhu Tubuh dengan *Output* suara berbasis ESP32-CAM". Dalam penelitian ini, mengembangkan sebuah alat pemantau suhu tubuh yang menggunakan ESP32-CAM sebagai basisnya. Untuk

mendukung fungsi sistem pada perangkat ini, menggunakan program perangkat lunak yang dijalankan oleh ESP32-CAM melalui IDE *Arduino*. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C yang tersedia di IDE *Arduino* dan dapat diunduh secara gratis melalui situs web resmi *Arduino* di [www.Arduino.cc](http://www.Arduino.cc). Pengendalian sistem pada ESP32-CAM sepenuhnya dikendalikan oleh program utama pada IDE *Arduino*. Dalam pengujian alat, program dibuat dan dieksekusi bersama dengan *Arduino nano* untuk memainkan file suara yang disimpan di kartu *SD*. File suara tersebut berformat mp3. *Output* suara pada alat ini dihasilkan melalui modul DFPlayer yang terhubung ke *speaker* untuk mengubah sinyal listrik menjadi suara. Hasil pengukuran tegangan pada komponen ESP32-CAM, DFPlayer, dan sensor MLX90614 menunjukkan adanya selisih yang masih berada dalam toleransi, yaitu kurang dari 0,5 Volt. ESP32-CAM memiliki selisih tegangan sebesar 0,09 Volt, DFPlayer memiliki selisih tegangan sebesar 0,15 Volt, dan sensor MLX90614 memiliki selisih tegangan sebesar 0,1 Volt. Rangkaian dan alat ini dapat beroperasi dengan baik karena selisih tegangan tersebut masih berada dalam batas toleransi yang diizinkan [14].

Penelitian yang dilakukan Aprillia dan Tan Suryani Solu pada tahun 2021 yang berjudul Sistem Monitoring Realtime Detak Jantung dan Kadar Oksigen dalam Darah pada Manusia Berbasis IoT (*Internet of Things*). Sistem monitoring realtime detak jantung dan kadar oksigen dalam darah pada manusia berbasis IoT (*Internet of Things*) merupakan rancangan perangkat keras yang diusulkan peneliti untuk dapat menutupi kekurangan yang ada di rumah sakit ataupun tenaga medis terhadap pasien. Alat ini menggunakan sensor detak jantung dan persentasi kadar oksigen dalam darah dilengkapi dengan NodeMCU ESP8266 serta *platform* Blynk dan web server berfungsi sebagai media pembacaan dan penerima data sensor yang digunakan untuk mempermudah suatu proses monitoring kesehatan pasien. Tabel 2.1 dapat dilihat rangkuman dari kajian Pustaka.

**Tabel 2. 1 Kajian Pustaka.**

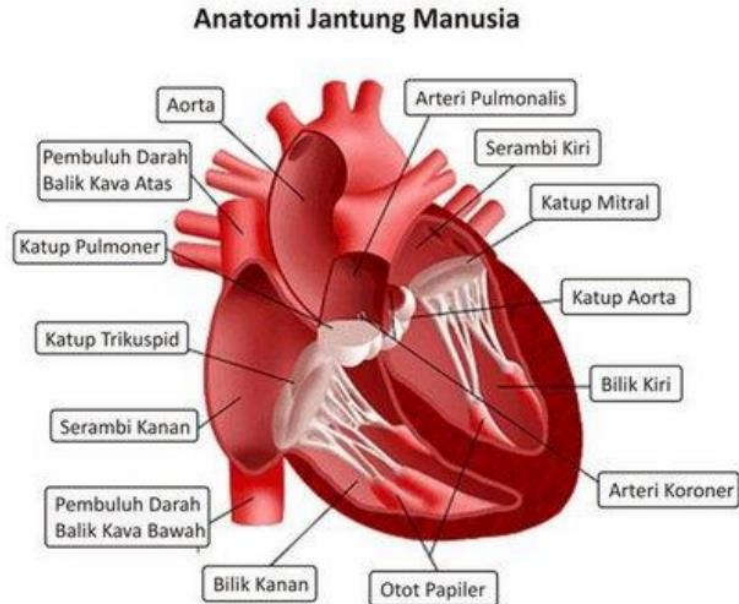
<b>NO</b>	<b>Peneliti, Tahun Terbit</b>	<b>Metode</b>
1	Gunawan Arisandi (2021).	Metode: Menggunakan STM32 dan <i>pulse</i> sensor
2	Agung Gamara dan Atika Hendryani (2019).	Metode: Menggunakan MAX30100 dan DS18B20
3	Afriansyah Yovi, Arifuddin Rahman dan Novrianto Yusuf (2019).	Metode: Menggunakan mikrokontroler Atmega328, <i>Pulse sensor</i> DS18B20
4	Polly Victori, Pandelaki Steven dan Dame Kristian (2020).	Metode: Menggunakan mikrokontroler Atmega328, sensor MLX90614 dan DFPlayer mini
5	Yanuar Mukhammad dan Agoes Hyperastuti (2021).	Metode: Menggunakan sensor MLX90614
6	Abdul Haris Kuspranoto dan Frada Oktaruli Sinaga (2021)	Metode: Menggunakan ESP32-CAM, DFPlayer, dan sensor MLX90614
7	Aprillia dan Tan Suryani Sollar (2021)	Metode: Menggunakan ESP8266, sensor MAX30102,

## **2.2 DASAR TEORI**

### **2.2.1 Jantung**

Jantung merupakan organ penting dalam tubuh manusia yang memiliki fungsi utama sebagai pompa darah. Bentuk jantung menyerupai piramida dan terletak di dalam perikardium, yaitu selaput pelindung. Batas-batas jantung terdiri dari basis kordis yang terhubung dengan pembuluh darah besar, batas kanan yang dibentuk oleh atrium kanan, batas kiri oleh aurikula kiri, dan batas bawah yang terutama dibentuk oleh ventrikel kanan. Jantung terdiri dari empat ruang, yaitu atrium kiri, atrium kanan, ventrikel kiri, dan ventrikel kanan. Darah yang mengalir dalam jantung diproduksi oleh arteri koroner kanan dan kiri yang berasal dari aorta. Terdapat dua jalur sirkulasi utama, yaitu sirkulasi pulmonal (menuju paru-paru) dan sirkulasi sistemik (menuju seluruh tubuh). Sistem vaskular jantung terdiri dari arteri yang membawa darah dari jantung ke jaringan, kapiler yang memungkinkan

pertukaran zat-zat, dan vena serta venula yang mengembalikan darah ke jantung. Pada orang dewasa, ukuran jantung rata-rata adalah sekitar 12 cm panjang, 9 cm lebar, dan memiliki berat sekitar 300-400 gram. Gambar 2.1 merupakan representasi visual dari struktur jantung [15].



**Gambar 2. 1 Anatomi Jantung [17]**

### **2.2.2 Suhu Tubuh**

Suhu tubuh adalah hasil dari pengaturan panas yang dihasilkan oleh berbagai bagian tubuh. Faktor-faktor seperti kulit, lingkungan, dan musim dapat memengaruhi suhu tubuh. Kisaran suhu tubuh normal berkisar antara 36-38°C, dengan suhu rata-rata sekitar 37,5°C. Beberapa individu mungkin mengalami fluktuasi suhu tubuh di malam hari, di mana suhu tubuh terasa lebih tinggi, sedangkan suhu tubuh cenderung lebih rendah pada pagi hari. Pada dini hari, suhu tubuh dapat mencapai titik terendah, sementara suhu tubuh maksimum biasanya terjadi pada sore hari. Ketika berolahraga, suhu tubuh dapat mengalami perubahan yang signifikan. Aktivitas fisik meningkatkan produksi panas dalam tubuh, yang pada gilirannya dapat meningkatkan suhu tubuh secara keseluruhan. Selama berolahraga, suhu tubuh dapat meningkat karena peningkatan metabolisme, kontraksi otot, dan produksi energi yang lebih besar. Selain itu, saat berolahraga dengan intensitas tinggi, tubuh juga akan mengeluarkan keringat untuk membantu mendinginkan suhu tubuh. Proses penguapan keringat dari kulit membantu

mengurangi panas dalam tubuh dan menjaga suhu tubuh tetap stabil. Dalam konteks olahraga, perubahan suhu tubuh merupakan hal yang wajar dan perlu dijaga agar tetap dalam kisaran yang aman dan sehat [16].

### 2.2.3 Sensor MAX30102

Sensor MAX30102 merupakan sebuah perangkat sensor yang diproduksi oleh *Maxim Integrated*. Sensor ini dirancang khusus untuk mendeteksi detak jantung dan terdiri dari komponen-komponen seperti sumber pemancar cahaya inframerah dan fotodetektor yang berdekatan. Sensor ini juga dilengkapi dengan komponen listrik yang memiliki tingkat kebisingan rendah, sehingga memungkinkan untuk diatur dengan mudah. Sensor MAX30102 beroperasi dengan menggunakan tegangan tunggal sebesar 1,8 Volt, dan terdapat sumber tegangan terpisah sebesar 3,3 Volt untuk LED internal. Modul sensor ini telah menyertakan antarmuka I2C yang digunakan sebagai penghubung antara sensor dengan mikrokontroler atau *smartphone*. Secara fisik, sensor MAX30102 terdiri dari dua komponen utama, yaitu *IR-LED (Light Emitting Diode)* dengan cahaya inframerah dan fotodioda. Prinsip kerjanya didasarkan pada metode PPG (*Photoplethysmograph*). Ketika sensor dinyalakan, *LED* akan memancarkan sinyal cahaya inframerah. Ketika ujung jari ditempelkan pada sensor, cahaya tersebut akan masuk ke dalam pembuluh darah kapiler di jari. Proses pemompaan darah oleh jantung membuat darah mengalir dari arteri besar ke arteri yang lebih kecil, seperti yang terdapat pada jari. Perubahan intensitas cahaya terjadi akibat pergerakan volume darah pada ujung jari, dan perubahan ini akan dideteksi oleh fotodioda melalui perubahan intensitas cahaya yang diterima. Spesifikasi lengkap mengenai sensor MAX30102 dapat dilihat pada Tabel 2. 2 [17].

**Tabel 2. 2 Spesifikasi Sensor MAX30102 [17].**

NO	Fitur dan Keunggulan
1	Deteksi Detak Jantung yang Akurat: Sensor MAX30102 menggunakan metode PPG (Photoplethysmograph) yang telah terbukti dapat mengukur detak jantung dengan akurasi tinggi. Dengan kombinasi antara sumber cahaya inframerah dan fotodetektor yang sensitif, sensor ini dapat mendeteksi perubahan volume darah dengan presisi yang baik.
2	Performa Rendah Kebisingan: Sensor ini dilengkapi dengan komponen listrik yang memiliki tingkat kebisingan yang rendah, sehingga dapat memberikan hasil deteksi yang akurat dan stabil.
3	Antarmuka I2C: Sensor ini dilengkapi dengan antarmuka I2C, yang memungkinkan komunikasi dengan mikrokontroler atau perangkat lainnya yang mendukung protokol komunikasi ini. Hal ini mempermudah integrasi dan penggunaan sensor dalam berbagai aplikasi.
4	Konsumsi Daya Rendah: Sensor ini dirancang dengan konsumsi daya yang rendah, sehingga cocok untuk aplikasi yang membutuhkan penggunaan energi yang efisien.
5	Tegangan Operasi yang Rendah: Sensor MAX30102 dapat dioperasikan dengan tegangan tunggal sebesar 1.8 Volt, dengan tegangan terpisah sebesar 3.3 Volt untuk LED internal. Hal ini memudahkan penggunaan sensor dalam berbagai sistem yang memiliki batasan tegangan operasi.
6	Desain Terintegrasi: Sensor MAX30102 dirancang dengan desain yang terintegrasi, yang berarti sumber cahaya inframerah (IR-LED) dan fotodetektor berada dalam satu paket sensor. Hal ini memudahkan penggunaan dan pemasangan sensor dalam aplikasi yang membutuhkan deteksi detak jantung.

#### **2.2.4 Sensor MLX90614**

Sensor MLX90614 adalah termometer infra merah yang berfungsi mengukur suhu tanpa kontak dengan objek. Sensor MLX90614 terdiri dari *chip detector* yang peka terhadap suhu berbasis infra merah dan pengondisi sinyal ASSP yang terintegrasi TO-39, didukung dengan penguat *low-noise*, ADC 17 bit, unit DSP (*Digital Signal Processor*) dan termometer yang memiliki akurasi dan resolusi tinggi. Sensor ini dapat mengindra gelombang elektromagnetik di kisaran 700 nm hingga 14.000 nm dan dapat mengukur temperatur tubuh manusia dengan akurat pada jarak 5 cm. Sensor MLX90614 dapat mengukur temperatur objek dengan rentang ukur 70 °C hingga 380 °C. Kelebihan dari sensor MLX90614 dapat dilihat pada Tabel 2. 3 [18].

**Tabel 2. 3 Kelebihan sensor MLX90614 [18].**

<b>NO</b>	<b>Kelebihan sensor MLX90614</b>
1	Ukuran kecil dan murah: MLX90614 adalah sensor yang sangat kecil dan hemat biaya. Ini membuatnya ideal untuk digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti perangkat rumah pintar, sistem pemantauan suhu, dan mesin industri.
2	<i>Non-contact</i> : MLX90614 adalah sensor non-kontak, yang berarti tidak perlu menyentuh objek yang ingin diukur suhunya. Ini membuatnya ideal untuk mengukur suhu objek yang sensitif atau berbahaya.
3	Akurasi tinggi: MLX90614 memiliki akurasi tinggi, dengan kesalahan kurang dari 0,5°C pada rentang suhu yang luas. Ini membuatnya ideal untuk aplikasi yang membutuhkan keakuratan tinggi, seperti sistem pemantauan suhu medis.
4	Resolusi tinggi: MLX90614 memiliki resolusi tinggi, dengan 16 bit. Ini berarti dapat mengukur perubahan suhu yang sangat kecil.
5	Mudah digunakan: MLX90614 mudah digunakan dan dapat diprogram menggunakan berbagai bahasa pemrograman, seperti Arduino, Python, dan C.
6	Tersedia banyak sumber daya: Ada banyak sumber daya yang tersedia untuk membantu mempelajari cara menggunakan MLX90614, termasuk tutorial, contoh kode, dan papan pengembangan.

### **2.2.5 Mikrokontroler ESP8266**

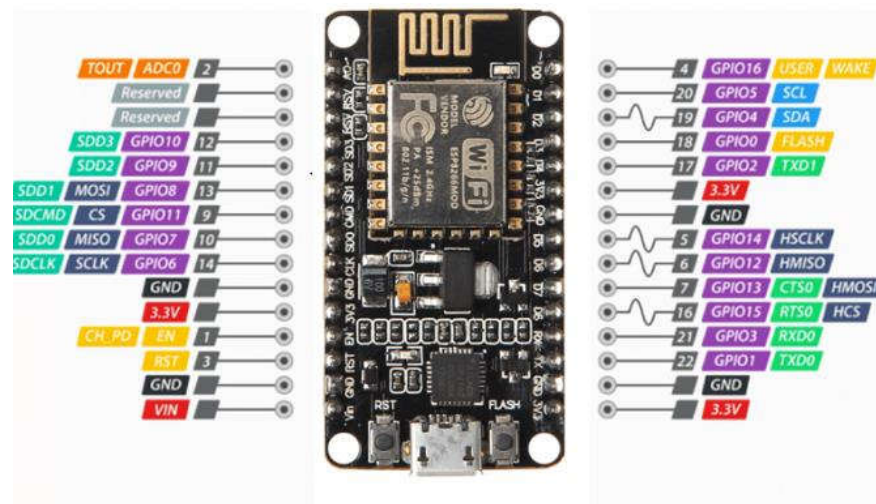
Node MCU merupakan papan pengembangan produk *Internet of Things (IoT)* yang berbasis *Firmware eLua* dan *System on a Chip (SoC)* ESP8266-12E. ESP8266 merupakan *chip WiFi* dengan protokol stack TCP/IP yang lengkap. *NodeMCU* dapat dianggap sebagai versi papan *Arduino* yang menggunakan modul ESP8266. Untuk memprogram ESP8266, diperlukan beberapa teknik pengkabelan dan modul tambahan USB to serial agar dapat mengunduh program. Namun, *NodeMCU* telah mengintegrasikan ESP8266 ke dalam sebuah papan yang kompak dengan fitur-fitur serupa dengan mikrokontroler, termasuk kemampuan akses *WiFi* dan *chip* komunikasi *USB to serial*, kelebihan dapat dilihat pada Tabel 2. 4 [19].



Tabel 2. 4 Kelebihan ESP8266 [19].

NO	Kelebihan ESP8266
1	Murah: ESP8266 adalah modul Wi-Fi yang sangat murah, sehingga dapat dengan mudah menambahkannya ke proyek tanpa menghabiskan banyak uang.
2	Mudah digunakan: ESP8266 dapat diprogram menggunakan berbagai bahasa pemrograman, termasuk Arduino, Lua, dan Python. Ada banyak sumber daya yang tersedia untuk membantu mempelajari cara menggunakan ESP8266.
3	Serbaguna: ESP8266 dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti <i>Internet of Things (IoT)</i> , <i>automation</i> , dan <i>home security</i> .
4	Daya rendah: ESP8266 dapat beroperasi dengan daya yang sangat rendah, sehingga dapat menggunakannya untuk perangkat yang portabel atau baterai.
5	<i>Open source</i> : ESP8266 adalah modul <i>open source</i> , sehingga dapat memodifikasi dan mengembangkannya sesuai kebutuhan.
6	Dilengkapi dengan GPIO: ESP8266 dilengkapi dengan beberapa pin GPIO yang dapat digunakan untuk menghubungkan perangkat lain, seperti sensor dan aktuator.
7	Mendukung berbagai protokol: ESP8266 mendukung berbagai protokol, seperti TCP/IP, UDP, HTTP, dan MQTT.
8	Memiliki fitur deep sleep: ESP8266 memiliki fitur deep sleep yang memungkinkannya untuk menghemat daya saat tidak digunakan.

*NodeMCU* dilengkapi dengan modul USB-UART CP2102 yang mengonversi data dari USB ke sinyal serial, sehingga memungkinkan pengendalian dan pemrograman melalui komputer. ESP8266 memiliki dua tombol, yaitu tombol reset untuk melakukan reset pada *NodeMCU*, dan tombol *flash* untuk memperbarui *firmware* yang terpasang. [19].



Gambar 2. 2 ESP8266 Pinout [19]

Gambar 2. 2 merupakan *layout* dari *pinout* ESP8266. Gambar tersebut terdapat pin-pin ESP8266 yang mana fungsi memiliki fungsi masing-masing dapat dilihat pada Tabel 2. 5 [19].

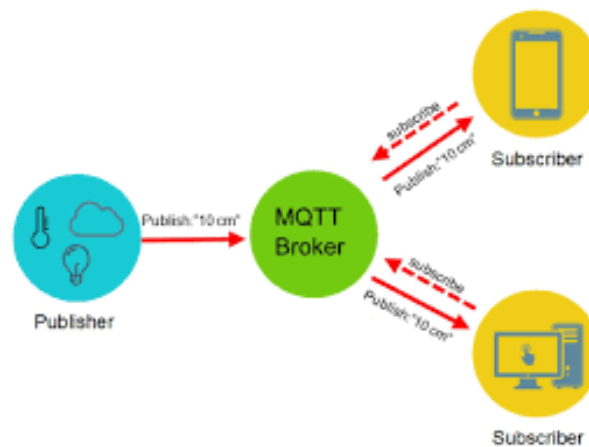
**Tabel 2. 5 Layout Pinout ESP8266 [19]**

<b>PIN</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Micro-USB</i>	Pasti semuanya sudah tau bagian ini ya. Fungsinya sebagai <i>power</i> yang dapat terhubung dengan <i>USB port</i> . Selain itu, biasanya juga digunakan untuk melakukan pengiriman <i>sketch</i> atau memantau data <i>serial</i> dengan <i>serial monitor</i> di aplikasi Arduino IDE.
3.3V	Digunakan sebagai tegangan untuk device lainnya. ada 3 tempat untuk 3.3V. Biasanya juga dituliskan hanya 3V (Sebenarnya tetap 3,3V)
GND	Ground. Sebagai tegangan 0 atau nilai negatif untuk mengalirkan arus.
Vin	Sebagai External Power yang akan mempengaruhi Output dari seluruh pin. Cara menggunakannya yaitu dengan menghubungkannya dengan tegangan 7 hingga 12volt.
EN, RST	EN, RST Pin yang digunakan untuk reset program di mikrokontroler.
A0	Analog pin, digunakan untuk membaca input secara analog.
GPIO 1 – GPIO 16	Pin yang dapat digunakan sebagai input dan output. Pin ini dapat melakukan pembacaan dan pengiriman data secara analog juga.
SD1,CMD, SD0,CLK	SPI Pin untuk komunikasi SPI (Serial Peripheral Interface) dimana kita akan menggunakan clock untuk sinkronisasi deteksi bit pada receiver.
TXD0, RXD0, TXD2, RXD2	Sebagai interface UART, Pasangannya adalah TXD0 dengan RXD0 dan TXD2 dengan RXD2. TXD1 digunakan untuk upload firmware/program.
SDA, SCL (I2C Pins)	Digunakan untuk device yang membutuhkan I2C.

### 2.2.6 MQTT Protokol

MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) merupakan protokol komunikasi yang ringan dan dirancang khusus untuk mentransmisikan data melalui jaringan dengan penggunaan *bandwidth* rendah dan sumber daya yang minim. Tujuannya adalah untuk memfasilitasi komunikasi antara perangkat *Internet of Things (IoT)* yang memiliki keterbatasan daya, *bandwidth*, dan konektivitas yang tidak stabil. MQTT menggunakan model *publish-subscribe*, di mana perangkat

yang terhubung ke jaringan dapat berperan sebagai pengirim (*publisher*) dan penerima (*subscriber*). Pengirim mengirimkan pesan ke topik tertentu, sedangkan penerima mendaftar ke topik-topik yang ingin diterima pesannya. Ketika pesan dikirim ke suatu topik, pesan tersebut akan diterima oleh semua penerima yang terdaftar di topik tersebut. Keunggulan MQTT meliputi efisiensi penggunaan *bandwidth*, dukungan untuk jaringan dengan keterbatasan daya dan konektivitas, serta kemampuan mentransmisikan data secara reliabel dan *real-time*. Selain itu, MQTT memiliki arsitektur sederhana yang mudah diimplementasikan pada berbagai *platform* dan bahasa pemrograman. Dengan menggunakan MQTT, perangkat *IoT* dapat berkomunikasi secara efisien, mengirim dan menerima data dengan *overhead* rendah, serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Protokol ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi *IoT*, termasuk pemantauan dan pengendalian jaringan sensor, pengendalian industri, dan sistem rumah pintar.



**Gambar 2.2 Proses Komunikasi MQTT [22]**

Dalam Gambar 2.2 terdapat strategi komunikasi MQTT yang menggunakan paradigma *publish/subscribe* (Pub/Sub) untuk memaksimalkan penggunaan *bandwidth* dengan mengubah arsitektur konsumen yang berinteraksi langsung menjadi titik akhir. Paradigma Pub/Sub memisahkan antara klien yang bertindak sebagai penerbit (*publisher*) untuk mentransfer data dan klien yang bertindak sebagai pelanggan (*subscriber*) untuk menerima data. Dalam paradigma ini, klien-klien tidak dapat berkomunikasi langsung satu sama lain, melainkan melalui *broker* sebagai perantara. Terdapat dua jenis klien MQTT, yaitu penerbit (*publisher*) dan pelanggan (*subscriber*), yang bergantung pada peran klien dalam mengirim atau menerima pesan. Namun, klien MQTT juga dapat melakukan kedua

fungsi tersebut secara kombinasi. Ketika melakukan penerbitan, perangkat atau klien ingin mengirimkan data ke server atau *broker* untuk kemudian didistribusikan kepada para pelanggan yang berlangganan. Dapat dilihat pada Tabel 2. 5 keunggulan dari MQTT [20].

**Tabel 2. 6 Keunggulan protokol MQTT [20]**

NO	Keunggulan
1	Efisiensi Penggunaan <i>bandwidth</i> : MQTT dirancang untuk menggunakan <i>bandwidth</i> secara efisien, sehingga cocok untuk jaringan dengan keterbatasan <i>bandwidth</i> . Protokol ini menggunakan header yang ringan dan kompresi data yang efisien, sehingga mengurangi beban jaringan.
2	Keterbatasan Daya dan Koneksi yang Tidak Stabil: MQTT dirancang untuk digunakan pada perangkat-perangkat <i>IoT</i> yang memiliki keterbatasan daya dan koneksi yang tidak stabil. Protokol ini memungkinkan perangkat untuk terhubung kembali dengan <i>broker</i> MQTT secara otomatis setelah kehilangan koneksi, tanpa kehilangan pesan yang dikirimkan.
3	Model <i>Publish-Subscribe</i> : MQTT menggunakan model <i>publish-subscribe</i> , di mana perangkat-perangkat yang terhubung ke jaringan dapat berperan sebagai penerbit ( <i>publisher</i> ) dan pelanggan ( <i>subscriber</i> ). Hal ini memungkinkan komunikasi yang efisien antara banyak perangkat tanpa memerlukan koneksi langsung.
4	Reliabilitas dan <i>Real-Time</i> : MQTT dapat mentransmisikan data secara reliabel dan dalam waktu nyata. Protokol ini menjamin pengiriman pesan dan mendukung QoS ( <i>Quality of Service</i> ) yang dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan aplikasi.
5	Sederhana dan Mudah diimplementasikan: MQTT memiliki arsitektur yang sederhana dan mudah diimplementasikan pada berbagai <i>platform</i> dan bahasa pemrograman. Hal ini memudahkan pengembang untuk menggunakan protokol ini dalam proyek-proyek <i>IoT</i> .
6	Dukungan Komunitas dan Ekosistem yang Kuat: MQTT memiliki dukungan komunitas yang kuat dengan dokumentasi, tutorial, dan forum diskusi yang tersedia. Selain itu, ada banyak implementasi MQTT yang tersedia di berbagai <i>platform</i> dan perangkat keras, serta dukungan dari berbagai vendor.

### 2.2.7 Adafruit Dashboard

Adafruit *dashboard* suatu antarmuka berbasis *web* yang disediakan oleh *platform* Adafruit. Antarmuka ini memungkinkan untuk memantau dan mengontrol perangkat keras yang terhubung, serta menampilkan data sensor dalam bentuk grafik dan tampilan yang mudah dibaca. Memiliki fitur untuk melihat data dan melakukan interaksi dengan proyek elektronik dari jarak jauh melalui koneksi internet. Dalam proyek yang menggunakan perangkat keras dan sensor-sensor,

dapat mengintegrasikan proyek tersebut dengan Adafruit IO, yaitu *platform* layanan cloud. Adafruit IO memungkinkan untuk mengirimkan data sensor, mengontrol perangkat, dan memantau proyek melalui antarmuka berbasis *web* yang dapat di Adafruit *dashboard* [21].