

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 KAJIAN PUSTAKA**

Dalam menyusun tugas akhir ini, penelitian dilakukan dengan merujuk pada berbagai sumber pustaka, termasuk skripsi dan jurnal-jurnal terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan topik yang sedang diteliti oleh peneliti. Berikut ini adalah karya-karya ilmiah terdahulu yang relevan dengan penelitian ini:

Penelitian yang dilakukan oleh Rona Charitsabita, Endang Dwi Purbajanti, dan Didik Wisnu Widjajanto tahun 2019, yang berjudul “Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*) secara Hidroponik dengan Berbagai Jenis Media Tanam dan Aerasi Berbeda”. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor yang diteliti. Pada faktor pertama menggunakan 3 jenis media yaitu, media arang sekam (M1), media *cocopeat* (M2), dan media moss (M3). Kemudian, faktor kedua terdapat tiga sistem penyiraman, yaitu penyiraman 24 jam/hari (A1), penyiraman 12 jam/hari, dengan interval “on/off” 30 menit (A2), dan penyiraman selama 6 jam/hari dengan interval “on/off” 45 dan 15 menit (A3). Parameter pada penelitian ini mencakup jumlah daun, tingkat pertumbuhan tanaman, hasil produksi tanaman, dan berat kering tanaman. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan media tanam moss dengan penyiraman selama 24 jam/hari memberikan hasil jumlah daun yang banyak, tingkat pertumbuhan yang cepat, produksi tanaman yang banyak, dan berat kering tanaman yang lebih tinggi. Namun, hasil tersebut setara jika menggunakan media tanam *cocopeat* dengan aerasi 12 jam/hari [7].

Penelitian yang dilakukan oleh Tijaniyah, Alaika Nurir Robi, dan Ahmad Sarikul Khoir pada tahun 2022 berjudul “Implementasi Sistem Kontrol Pengaturan Penyiraman Air dan Pemberian Pupuk Otomatis Untuk Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatic*) Hidroponik” bertujuan untuk membuat sebuah alat yang dapat melakukan penyiraman serta pemberian pupuk cair secara otomatis terhadap tanaman kangkung air hidroponik. Sistem kerja dari alat ini mencakup dua bagian utama, yaitu penyiraman air dan pemberiak nutrisi. Untuk penyiraman air, alat ini disinkronkan untuk menyiram tanaman saat kondisi air telah habis, sehingga

tanaman tetap mendapatkan kelembaban yang diperlukan. Sedangkan, untuk pemberian nutrisi, sistem ini menggunakan metode pasang surut, yaitu ketika kondisi penampungan atas telah terisi dengan air nutrisi, maka alat akan mengkosongi air tersebut dan mengalirkan kembali ke penampungan bawah. Dengan demikian, alat tersebut secara otomatis mengatur penyiraman dan pemberian nutrisi tanaman kangkung air dalam sistem hidroponik untuk mendukung pertumbuhan yang optimal [9].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Purma Nailu Safiroh W.P, M. Komarudin, dan Gigih Fordan Nama pada tahun 2022, mengenai “Sistem Pengendalian Kadar pH dan Penyiraman Tanaman Hidroponik Model *Wick Systems*”. Penelitian ini dapat membantu para petani dalam memonitoring nilai kadar pH dan kondisi ketinggian air dengan menggunakan model *Wick System*. Penelitian ini menggunakan sensor pH, sensor ultrasonik, *valve* elektrik, NodeMCU, dan *website Thinger.io*. Pada penggunaan metode *Rapid Application Development* (RAD), menghasilkan peningkatan kualitas bobot tanaman sebesar 10 gram atau 12,5% lebih baik dari pertumbuhan tanaman yang dilakukan secara manual. Pada pengendalian dan penyiraman secara otomatis ini, diharapkan petani dapat lebih efisien dan efektif dalam mengelola tanaman hidroponik mereka [8].

Penelitian yang dilakukan oleh Risfendra, Gheri Febri Ananda, dan Alphin Stephanus pada tahun 2021 yang berjudul “*Internet Of Things* pada Monitoring Energi Listrik Menggunakan Sensor Multi-Parameter Listrik”. Tujuan penelitian ini untuk mengimplementasikan *internet of things* dalam memonitor penggunaan energi listrik. Salah satu faktor penyebab penggunaan energi listrik yang tidak terkendali adalah kurangnya pemahaman pengguna terhadap pemakaian energi listrik secara *real time*. Komponen pada penelitian ini menggunakan sensor PZEM-004T yang dapat membaca berbagai parameter listrik, Mikrokontroler Arduino sebagai pemroses data, dan Mikrokontroler ESP8266 untuk mengirimkan informasi ke *server cloud*. Penelitian ini menghasilkan tingkat akurasi sebesar 94.96% dalam membaca nilai arus dan tingkat akurasi sebesar 99.42% pembacaan tegangan [10].

Penelitian yang dilakukan oleh Diah Ambarwati, dan Zaenal Abidin pada tahun 2021 yang berjudul “Rancang Bangun Alat Pemberian Nutrisi Otomatis Pada Tanaman Hidroponik”. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah sistem

pemberian nutrisi pada sistem hidroponik NFT, sehingga membantu para petani hidroponik perkotaan. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah *Nutrient Film Technique* (NFT), dan bahasa pemrograman C dan C++ digunakan untuk mengembangkan alat tersebut. Alat yang digunakan berupa, Arduino Uno, Sensor TDS, RTC DS1302, LCD 16x2, *Relay*, *Waterpump*, I2C, dan pipa PVC sebagai tempat penanaman [11].

Penelitian Alviyandri Adillah Iqbal, Fairuz Azmi dan Reza R Septiawan pada tahun 2022 yang berjudul “Perancangan Kontroler Sistem Otomasi Hidroponik Rumahan”. Sebagian besar orang memiliki hambatan dalam penanaman hidroponik dirumah, salah satunya malas. Masalah tersebut terjadi karena bertanam secara hidroponik membutuhkan perawatan yang selalu rutin dikontrol. Tujuan penelitian ini untuk membuat sistem otomatis hidroponik yang dapat membantu serta meningkatkan kreativitas masyarakat dalam bertanam hidroponik dirumah, sehingga kebutuhan sayuran dapat terpenuhi. Penelitian ini dapat memonitoring kadar nilai pH, dan suhu air menggunakan sensor TDS. Hasil data pengukuran sensor ph dan suhu air tersebut dapat dilihat dan dikontrol pada smartphone. Alat tersebut dapat menghasilkan error untuk sensor TDS sebesar 95,53%, sensor pH sebesar 95,45% dan DS18B20 sebesar 95,37% [12].

**Tabel 2.1 Perbandingan Referensi**

<i>Author</i>	<i>Microcontroller</i>	<i>Perangkat</i>	<i>Metode</i>	<i>Parameter</i>
Rona Charitsabita, Endang Dwi Purbajanti, dan Didik Wisnu Widjajanto	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faktor media tanam</li> <li>• Faktor perlakuan aerasi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumlah daun</li> <li>• Tingkat pertumbuhan tanaman</li> <li>• Produksi tanaman</li> <li>• Berat kering tanaman</li> </ul>
Tijaniyah, Alaika Nurir Robi, dan Ahmad Sarikul Khoir	Wemos D1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor <i>flow</i></li> <li>• Sensor <i>Soil Maisture</i></li> <li>• <i>Real Time Clock</i></li> <li>• <i>Relay</i></li> <li>• LCD 16x2</li> <li>• Motor servo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian awal</li> <li>• Perumusan masalah dan tujuan</li> <li>• Pengumpulan data</li> <li>• Perancangan dan implementasi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengujian <i>sensor soil masture</i> dan <i>sensor water flow</i></li> <li>• Keseluruhan sistem</li> <li>• Sistem kontrol Bot Telegram</li> </ul>

<i>Author</i>	<i>Microcontroller</i>	<i>Perangkat</i>	<i>Metode</i>	<i>Parameter</i>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengujian alat</li> <li>• Pengambilan kesimpulan</li> </ul>	
Purma Nailu Safiroh, M. Komarudin dan Gigih Forda Nama	NodeMCU ESP8266	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor pH</li> <li>• Sensor Ultrasonik</li> <li>• Valve Elektrik</li> </ul>	<i>Rapid Application Development</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Requirements planning</i></li> <li>• <i>User design</i></li> <li>• <i>Construction</i></li> <li>• <i>Cutover</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bobot tanaman</li> </ul>
Risfendra, Gheri Febri Ananda, dan Alphin Stephanus	NodeMCU ESP8266	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor PZEM004T</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kuantitatif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arus Listrik (A)</li> <li>• Tegangan (V)</li> <li>• Pengiriman data ke <i>cloud</i></li> </ul>
Diah Ambarwati, Zaenal Abidin	Arduino UNO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor TDS</li> <li>• RTC DS1302</li> <li>• LCD 16x2</li> <li>• Relay</li> <li>• Waterpump</li> <li>• I2C</li> <li>• PVC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penentuan objek penelitian</li> <li>• Identifikasi masalah</li> <li>• Studi pustaka</li> <li>• Tujuan penelitian</li> <li>• Perancangan</li> <li>• Pengujian sistem</li> <li>• Hasil yang didapatkan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fungsi keseluruhan alat</li> <li>• Jadwal pemberian nutrisi</li> <li>• Pertumbuhan tanaman</li> </ul>
Alviyandri Adillah Iqbal, Fairuz Azmi, dan Reza R Septiawan	Modul ESP32	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor TDS</li> <li>• Sensor pH</li> <li>• Sensor DS18D20</li> <li>• Relay</li> <li>• Waterpump</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Studi pustaka</li> <li>• Perancangan dan implementasi alat</li> <li>• Pengujian alat</li> <li>• Analisis data</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH pada air</li> <li>• Kepekatan pada nutrisi</li> <li>• Temperatur pada air</li> <li>• Fungsi pompa manual</li> <li>• Fungsi pompa otomatis</li> </ul>

## 2.2 DASAR TEORI

### 2.2.1 Hidroponik

Istilah kata “Hidroponik” berasal dari bahasa Yunani, yaitu kata *hydro* (berarti air) dan kata *ponos* (berarti daya/kerja). Secara harfiah, kata Hidroponik dapat diartikan sebagai air yang bekerja atau berdaya. Namun, dalam konteks pertanian, makna “bekerja atau berdaya” digantikan dengan “budidaya”. Dengan demikian, Hidroponik dapat diartikan sebagai pengelolaan air sebagai pengganti media tanah untuk pertumbuhan tanaman. Metode ini mengandalkan air sebagai pengganti media tanam dan nutrisi yang dilarutkan dalam air untuk mendukung pertumbuhan tanaman [13].

Metode bercocok tanam menggunakan sistem hidroponik umumnya terdiri dari dua cara, yaitu menggunakan nutrisi dan menggunakan media tanam. Dalam mengklasifikasikan sistem hidroponik, terdapat dua sistem utama berdasarkan cara pemberian larutan nutrisi, antara lain:

1. Sistem terbuka adalah sistem sirkulasi tetes yang memungkinkan air yang telah digunakan tidak dikembalikan ke tempat penampungan awal.
2. Sistem tertutup adalah sistem larutan nutrisi yang disalurkan dapat digunakan kembali selama periode pertumbuhan tanaman hingga masa panen.

Berdasarkan penggunaan media tanam, hidroponik dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu *Substrate System* dan *BareRoot System*:

1. *Substrate system* adalah sistem hidroponik dengan menggunakan media tanam untuk membantu pertumbuhan tanaman.
2. *BareRoot system* merupakan sistem yang tidak menggunakan media tanam untuk membantu pertumbuhan tanaman [6]. Contoh sistem penanaman secara hidroponik dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1 Hidroponik [6]**

### 2.2.2 Vertikultur

Vertikultur berasal dari bahasa Inggris, yaitu *vertical* dan *culture*. Oleh karena itu, vertikultur merupakan metode penanaman yang dilakukan secara vertikal atau bertingkat, dapat di dalam ruangan (*indoor*) atau di luar ruangan (*outdoor*). Dalam budidaya vertikultur, tanaman dapat menggunakan tempat yang bertingkat, menggantung, dan ditata dengan berbagai jenis wadah tempat. Vertikultur dapat dipandang tidak hanya sekedar kebun bersusun, tetapi dapat meningkatkan kreativitas desain serta memaksimalkan lahan yang terbatas [5].

Pada budidaya sistem vertikultur terdapat beberapa model yang sesuai dengan kreativitas dan pemanfaatan bahan-bahan yang ada [14]. Salah satu model hidroponik yaitu mode hidroponik air mancur yang mengkombinasikan cara bertanam sayuran secara hidroponik dan vertikultur. Cara kerja dari desain tersebut mirip dengan air mancur yang ditunjukkan dalam Gambar 2.2. Pompa dipenampungan air akan memompa nutrisi melalui pipa kecil hingga ke bagian atas. Sesampai dipuncak, air memancar ke bawah. Pancuran tersebut membasahi akar tanaman beserta media tanam. Sirkulasi air yang tidak diserap oleh tanaman akan kembali ke tempat penampungan [15]. Berikut tampilan vertikultur dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini.



**Gambar 2.2 Tower Hidroponik [15].**

### 2.2.3 Deskripsi Energi Listrik

*Alternating Current* (AC) merupakan tegangan arus bolak-balik yang dihasilkan oleh sebuah generator. Generator yang dihasilkan listrik dengan arus bolak-balik misalnya, pembangkit listrik tenaga air, tenaga uap dan sebagainya. Tegangan inilah yang akan menjadi sumber arus listrik PLN yang merupakan fungsi waktu, tegangan, dan polaritas arus listrik AC selalu bergeser dari positif ke negatif dan sebaliknya. Inilah yang menghasilkan gelombang sinus.

Energi listrik sering digunakan dalam besaran yang berbeda, seperti listrik, arus listrik dan tegangan listrik. Perbedaan energi potensial (V) antara dua titik dinyatakan dalam *volt*. Cara lain untuk memikirkan voltase adalah *joule per coulomb*, tetapi voltase juga bisa diartikan [16]. Berikut rumus untuk mencari tegangan dapat dilihat pada Rumus 2.1 berikut ini:

$$V = I \times R \quad (2.1)$$

Dimana:

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

R = Hambatan ( $\Omega$  atau *ohm*)

Tegangan listrik ke hambatan adalah salah satu cara untuk menyatakan hambatan listrik dengan arus listrik, yang dapat dilihat pada Rumus 2.2 berikut:

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.2)$$

Dimana:

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

R = Hambatan ( $\Omega$  atau *ohm*)

Listrik yang besarnya (magnitudo, arah, dan polaritas) berubah secara bergantian dari waktu ke waktu dikenal sebagai Arus bolak-balik, juga dikenal sebagai arus pertukaran, adalah kekuatan. Energi AC memiliki parameter tegangan, arus, daya, energi, dan frekuensi. Sehingga dapat dilihat pada Rumus 2.3 berikut ini:

$$I = \frac{V}{R} \quad (2.3)$$

Dimana:

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

R = Hambatan ( $\Omega$  atau *ohm*) [17]

Tenaga listrik, atau jumlah energi listrik yang digunakan atau usaha yang diperlukan untuk memindahkan beban dalam setiap detik, dapat diwakili oleh huruf P dalam persamaan Rumus 2.4.

$$P = V \times I \quad (2.4)$$

Dimana:

P = Daya (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A) [18]

#### 2.2.4 Sayuran Pakcoy (*Brassica rapa L.*)

Sayuran Pakcoy (*Brassica rapa L.*) merupakan jenis tanaman hidroponik yang tergolong dalam *famili Brassicaceae* yang asli dari Tiongkok. Tanaman pakcoy memiliki harga yang ekonomis yang dapat dikonsumsi sehari-hari sebagai sayuran dan sebagai pelengkap makanan. Sayuran merupakan sebagai sumber vitamin yang dibutuhkan tubuh, Salah satunya adalah tanaman pakcoy [19]. Faktor-faktor dalam pertumbuhan tanaman pakcoy meliputi, pemberian nutrisi yang sesuai dengan tanaman dan penyinaran matahari yang tepat [6]. Tanaman pakcoy mempunyai kandungan gizi seperti, betakaroten, protein, lemak nabati, karbohidrat, serat, Ca, Mg, Fe, sodium, Vitamin A, dan Vitamin C [20]. Tanaman pakcoy dapat dilihat pada Gambar 2.3 dibawah ini.



**Gambar 2.3 Sayuran Pakcoy [6]**

Tahapan budidaya tanaman pakcoy secara hidroponik sebagai berikut:

1. Pemilihan bibit: Proses pemilihan bibit dilakukan dengan memilih bibit-bibit yang berkualitas bagus dan memiliki daya tumbuh kecambah yang tinggi.
2. Penyemaian: Bibit yang telah dipilih akan dilakukan proses penyemaian selama 7 sampai 10 hari, atau sudah bertumbuh 4 hingga 5 helai daun.
3. Pembesaran: Bibit yang sudah bertumbuh 4 sampai 5 helai daun, kemudian dipindahkan ke tempat media hidroponik yang telah disediakan.
4. Proses perawatan: Proses perawatan meliputi pemberian nutrisi serta penyinaran sinar matahari yang tepat untuk memastikan pertumbuhan tanaman pakcoy yang optimal.
5. Masa panen: Pemanenan tanaman pakcoy dapat dilakukan pada sekitar 25-30 hari setelah tanam [6].

#### **2.2.5 Media Tanam *Rockwool***

Media tanam *Rockwool* merupakan serat mineral *fiber* atau *wol* mineral yang sering dipakai untuk media tanam hidroponik. Media *Rockwool* terbuat dari bahan dasar batu seperti batu kapur, batu bara, kaca dan keramik yang dipanaskan pada suhu tinggi dan kemudian dipintal menjadi serat seperti kapas. Penggunaan *Rockwool* tidak hanya digunakan sebagai substrat tanaman, tetapi juga sebagai *heat barrier* (penghambat panas) dan peredam suara [6]. Pada media tanam *rockwool* juga memiliki kemampuan untuk menampung air dan nutrisi kurang lebih selama 2-3 jam saat kondisi pompa mati total [15]. Berikut media tanam yang digunakan sebagai pengganti media tanah, yang dapat dilihat pada Gambar 2.4.



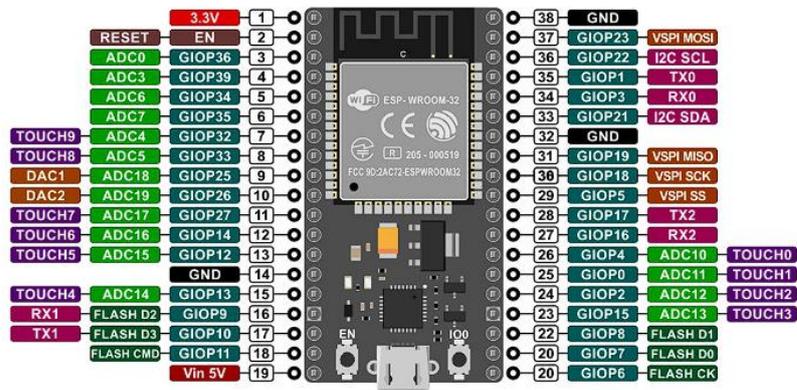
**Gambar 2.4 Media tanam *Rockwool* [6]**

### 2.2.6 Nilai pH dan Kepekatan Nutrisi

Nilai pH adalah salah satu hal terpenting pada sistem budidaya hidroponik. Nilai Kadar keasaman dalam sebuah larutan diukur berdasarkan jumlah *ion hydrogen* pada larutan tersebut. Kadar nilai keasaman dikatakan asam jika nilai pH berada di bawah angka 7.0 dan dikatakan basa jika nilai pH berada di atas nilai 7.0. Pada sebagian besar pengalaman, rentang pH optimal untuk budidaya tanaman secara hidroponik adalah antara 5,5 hingga 6,5 [21]. Dalam pembudidayaan sistem hidroponik, kualitas air nutrisi juga mesti diperhatikan seperti ukuran kepekatan nutrisi yang diukur dalam satuan *Part per Million* (PPM). Pengukuran kepekatan nutrisi diperlukan oleh tanaman dan tingkat kebutuhan kepekatan nutrisi setiap tanaman berbeda-beda [6].

### 2.2.7 NodeMCU ESP32

ESP32 merupakan sebuah *System-on-Chip* (SoC) yang memiliki kemampuan *Wi-Fi* dan *Bluetooth* yang kuat, serta memiliki jumlah pin GPIO yang banyak. ESP32 merupakan salah satu *chip* yang mengkombinasi antara *Wi-Fi* dan *Bluetooth* 2,4 GHz yang dibuat dengan penggunaan konsumsi daya yang rendah [22]. Konfigurasi pin pada NodeMCU ESP32 dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Diagram Pin NodeMCU ESP32

Gambar 2.5 menunjukkan Modul ESP32 yang dapat melakukan pengembangan, mempelajari, dan mencoba berbagai rangkaian yang menggunakan *chip* ESP-WROOM-32. Dibandingkan dengan *chip* ESP32 sebelumnya, ESP32 memiliki keunggulan seperti, kecepatan yang lebih tinggi 32 bit, memori yang lebih besar, dan integrasi modul *Bluetooth*. Berikut ini adalah gambar yang menunjukkan pin-pin yang ada pada *board* ESP32 [23].

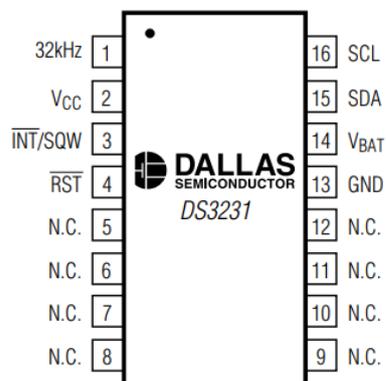
Spesifikasi NodeMCU ESP32 dapat dilihat dalam Tabel 2.2 dibawah ini:

**Tabel 2.2 Spesifikasi NodeMCU ESP32 [24]**

Atribut	Detail
CPU	Xtensa® 32-bit LX6 microprocessor(s)
SRAM	520 KB
FLASH	up to 4MB
Tegangan	3.0 V – 3.6 V
Arus Kerja	Rata-rata 80mA
Open Source	Ya
Wi-Fi	802.11 b/g/n
Bluetooth	4.2 BR/EDR + BLE
Pin UART	3
Pin GPIO	32
Pin SPI	4
Pin I2C	2
Pin ADC	16
Pin DAC	2

### 2.2.8 Real Time Clock

*Real Time Clock* (RTC) adalah perangkat yang digunakan untuk mendapatkan data waktu dan kalender. RTC dapat menyajikan data informasi yang meliputi detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun. RTC DS3231 secara otomatis menyesuaikan tanggal akhir bulan jika memiliki kurang dari 31 hari. Modul RTC DS3231 memiliki pengaturan waktu dalam format 24 jam atau 12 jam (AM/PM) untuk berkomunikasi dengan mikroprosesor. Modul RTC DS3231 didesain untuk penjadwalan dengan konsumsi daya yang sangat minim, sehingga dapat mempertahankan data dan informasi waktu dengan kebutuhan daya sekitar  $\pm 1$  microwatt [25]. Berikut pin-pin pada RTC DS3231, yang tertampil Gambar 2.6.



**Gambar 2.6 Pin Real Time Clock [25]**

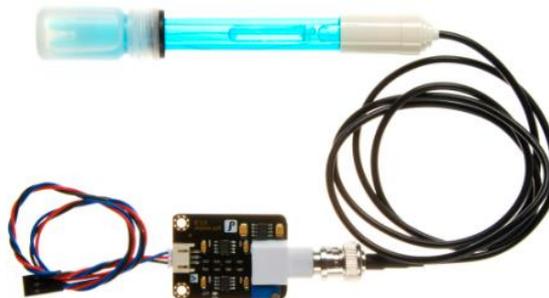
Berikut penjelasan pin-pin RTC DS3231 dapat dilihat dalam Tabel 2.3:

**Tabel 2.3 Penjelasan Pin-Pin DS3231 [25]**

<b>Pin</b>	<b>Fungsi</b>
VCC, VBAT	Sebagai <i>power supply</i> . Jika $V_{CC2} > V_{CC1} (+0.2V)$ maka $V_{CC2}$ menjadi power DS3231, begitu juga sebaliknya
SCL ( <i>serial clock</i> )	Berfungsi untuk mensinkronisasi data pada serial <i>interface (clock)</i>
SDA ( <i>serial I/O data</i> )	Sebagai pin data bidireksional ( <i>input/output</i> )
INT/SQWout	Sebagai <i>Output</i> interupsi dari RTC yang dapat diprogram sebagai pemberi informasi perubahan waktu
32Khz	Sebagai <i>Output</i> gelombang kotak yang dapat diprogram
RST (reset)	Sebagai pin reset untuk RTC
Clock/kalender	Untuk memuat data dalam bentuk BCD dan memiliki 7 <i>register write/read</i>
AM-PM/12-24	Sebagai Register 7 <i>bit</i> yang ditetapkan sebagai mode 12 atau 24
<i>Write protect bit</i>	Sebagai 7 bit pertama (bit 0....6) berlogika 0 sampai pada proses <i>read</i> , bit 7 harus berlogika 0 sebelum ada operasi penulisan untuk <i>clock RAM</i>
<i>Clock/Calender burst Mode</i>	Bagian dari operasi <i>burst mode</i> , secara teratur dapat dibaca atau ditulis mulai dengan <i>bit 0</i> pada alamat 0

### 2.2.9 Sensor pH

Sensor pH merupakan elektroda (*probe* pengukur) yang terkoneksi dengan perangkat elektronik untuk mengukur nilai kadar pH. Prinsip dasar utama pH meter tergantung pada penggunaan sensor probe berbentuk elektrode kaca dalam mengukur konsentrasi ion  $H_3O^+$  dalam larutan. Inti dari sensor pH terdapat pada permukaan *bulb* kaca yang memiliki kemampuan untuk bertukar *ion* positif ( $H^+$ ) dengan larutan terukur, yang dapat dilihat pada Gambar 2.7 [26].



**Gambar 2.7 Sensor pH [27]**

Spesifikasi penggunaan sensor pH-4502 dapat dilihat pada Tabel 2.4:

**Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor pH [27]**

Spesifikasi Sensor pH		
1	Modul <i>Power</i>	5V
2	Modul <i>Size</i>	43mm x 32mm
3	<i>Measuring Range</i>	0 ~ 14PH
4	<i>Measuring Temperature</i>	0 ~ 60 °C
5	<i>Accuracy</i>	± 0.1pH (25 °C)
6	<i>Response Time</i>	≤ 1 min
7	<i>Connector Probe</i>	BNC
8	pH2.0 <i>Interface</i>	
9	<i>Gain Adjustment Potentiometer</i>	

#### 2.2.10 Sensor PZEM-004T

Sensor PZEM-004T merupakan sensor yang dapat mengukur tegangan, arus, daya aktif, dan konsumsi energy pada aliran arus listrik [10]. Sensor PZEM-004T mudah digunakan dalam berbagai proyek maupun percobaan pengukuran daya pada jaringan listrik rumah maupun gedung bertingkat. Sensor PZEM-004T mempunyai model 10 *ampere* dan 100 *ampere*. Pada jenis sensor 100 *ampere* menggunakan *Current Transformer* bermodel *split core*. Penggunaan *split core* mempunyai kelebihan dan kekurangan karena bisa langsung dipasang pada kabel tanpa harus melepas kabel tersebut [28].

Sensor PZEM-004T terdiri dari dua bagian sistem kabel yang digunakan yaitu, kabel terminal sebagai masukan tegangan dan arus, serta kabel komunikasi serial. Untuk memfasilitasi komunikasi data serial antar perangkat keras, modul ini dilengkapi dengan papan TTL. Sensor PZEM-004T dapat berkomunikasi dengan perangkat keras lainnya melalui berbagai jenis *port*, seperti *port* USB dan RS-232 dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan [29]. Berikut sensor PZEM-004T yang dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut ini.

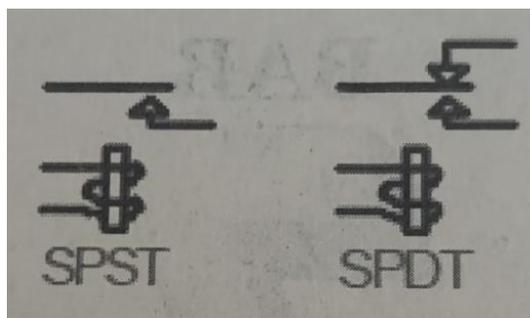


**Gambar 2.8 Sensor PZEM-004T [28]**

### 2.2.11 Relay

*Relay* merupakan jenis saklar elektrik yang menggunakan elektromagnet untuk mengubah posisinya dari *off* menjadi *on*. Meskipun daya yang dibutuhkan untuk mengaktifkan *relay* relatif rendah, *relay* memiliki kemampuan untuk mengontrol perangkat-perangkat yang membutuhkan daya yang lebih besar.

Relay memiliki berbagai jenis konfigurasi, di antaranya adalah SPST dan SPDT. *Single Pole Single Throw* (SPST) adalah konfigurasi relay yang paling dasar, hanya memiliki dua kontak. Sedangkan *Single Pole Double Throw* (SPDT) memiliki tiga kontak utama yang biasanya diberi label sebagai *Common* (COM), *Normally Open* (NO), dan *Normally Close* (NC). Dalam konfigurasi *Normally Closed* (NC), kontak akan tersambung dengan kontak COM ketika *relay* tidak mendapatkan daya dari *coil*. Sedangkan dalam konfigurasi *Normally Open* (NO), kontak akan terbuka ketika *relay* tidak mendapatkan daya dari *coil*. Namun, saat daya diberikan pada *coil*, mak *Common* (COM) akan terhubung dengan kontak *Normally Open* (NO), dan kontak NC dibiarkan mengambang [30]. Berikut konfigurasi SPST dan SPDT yang dapat dilihat pada Gambar 2.9.



**Gambar 2.9 Konfigurasi SPST dan SPDT [30]**

### 2.2.12 Pompa Air

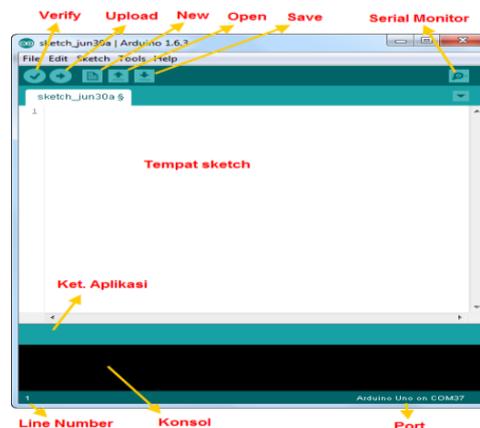
Pompa merupakan alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pompa bisa digunakan untuk mengalirkan cairan dari satu tempat ke tempat lain dengan cara memberikan energi mekanik pada pompa dan diubah menjadi energi gerak. Sebagai contoh, digunakan untuk mengangkat air dari sungai ke sebuah lahan perkebunan untuk budidaya tanaman. Dalam pemasangan pompa, sangat penting untuk mengetahui karakteristik pompa yang akan digunakan dalam mencapai hasil yang optimum [31]. Berikut ini gambar pompa yang akan digunakan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Pompa Air DC 12v [32]

### 2.2.13 Arduino IDE

Dalam memprogram sebuah papan Arduino, diperlukan aplikasi Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang telah disediakan oleh Arduino. Aplikasi Arduino IDE tersebut berperan sangat penting dalam proses pembuatan, pembukaan, dan pengeditan kode program Arduino [33]. Berikut tampilan Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.11 Aplikasi Arduino IDE [33]

Gambar 2.11 menunjukkan tampilan awal dari aplikasi pemograman Arduino. Arduino IDE memiliki beberapa bagian, yaitu:

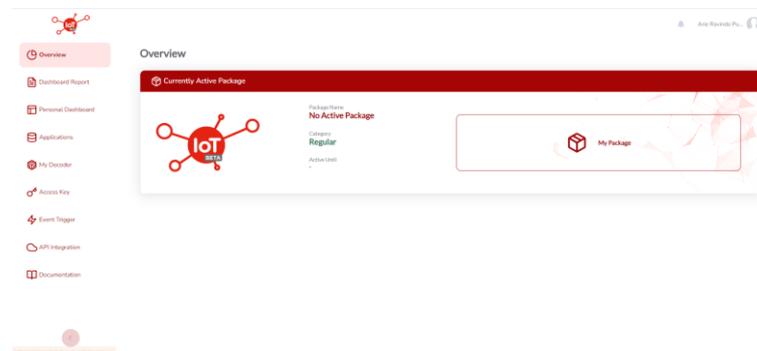
1. *Verify*: Dikenal dengan kata “*Compile*”. Sebelum diupload ke *board* Arduino, disarankan memverifikasi terlebih dahulu *sketch* yang telah dibuat.
2. *Upload*: Untuk mengunggah kode program ke *board* Arduino. Jika *verify* tidak di-klik, *sketch* akan tetap di-*compile* dan otomatis diupload ke *board*.
3. *New Sketch*: Untuk membuat *window* dan membuat *sketch* baru.
4. *Open Sketch*: Membuka program yang sudah pernah dibuat sebelumnya.
5. *Save sketch*: Untuk menyimpan program tanpa melalui proses kompilasi.
6. Serial Monitor: Sebagai tampilan *interface* yang terhubung dengan arduino.
7. Keterangan Aplikasi: Pesan-pesan yang dilakukan aplikasi akan muncul di sini, contoh “*Compiling*” dan “*Done Uploading*”.
8. Konsol: Menampilkan pesan-pesan yang dihasilkan oleh aplikasi.
9. Baris *Sketch*: Sebagai tempat posisi baris yang sedang digunakan pada *sketch*.
10. Informasi *port*: Sebagai tempat informasi *port* dari *board* arduino [33].

#### **2.2.14 Internet Of Things**

*Internet of Things* (IoT) adalah menjembatani kesenjangan antar dunia fisik dan informasi. Pengolahan data yang diperoleh dari peralatan elektronik melalui sebuah *interface* antara pengguna dan peralatan itu. Sensor mengumpulkan data mentah dari skenario *real time* dan mengkonversikan dalam format yang dimengerti sehingga akan mudah di pertukarkan antara berbagai bentuk format data [34].

Infrastruktur *Internet of Things* (IoT) terdiri dari jaringan yang sudah ada, termasuk pengembangan internet, yang menyediakan keahlian untuk mengidentifikasi objek dan sensor, serta menyediakan pengembangan layanan dan aplikasi yang mandiri. Hal tersebut meningkatkan kemampuan untuk mengambil data secara otomatis, mengirim data dengan cepat, konektivitas dalam jaringan, dan interoperabilitas. *Internet of Things* mempunyai tiga elemen utama, yakni objek fisik yang telah terhubung dengan sensor, konektivitas internet, dan server pusat penyimpanan data. Saat objek terhubung dengan internet akan mengumpulkan data, data tersebut nantinya dapat diolah dan dianalisis oleh berbagai pihak, termasuk individu, instansi pemerintah, perusahaan, dan organisasi lainnya, untuk kemudian dapat dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan masing-masing [35].

Telkom IoT Platform adalah sebuah layanan teknologi IoT yang memudahkan pengguna untuk menghubungkan, mengelola, mengotomatisasi berbagai perangkat dan sensor, serta menyajikan data perangkat dalam sebuah dashboard pribadi yang dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Dengan pendekatan bisnis yang berfokus pada riset, inovasi, dan kolaborasi, platform ini menyasar berbagai segmen pasar, mulai dari dunia oleh berbagai jenis perusahaan, bisnis, dan sektor seperti kesehatan [36].



**Gambar 2.12 Tampilan IoT Platform**

### 2.2.15 Pengujian Sensor

Pengujian sensor dapat diterapkan dengan beberapa cara tergantung jenis dan karakteristik sensor yang sedang diuji. Pada umumnya, pengujian sensor dilakukan untuk memastikan sensor tersebut berfungsi sesuai dengan spesifikasinya dan memberikan respon yang akurat terhadap sinyal yang diterima. Berdasarkan *standard* IEC no 13B-23 toleransi *error* sensor tidak boleh melebihi 5% [37]. Metode yang dapat digunakan dalam pengujian sensor sebagai berikut:

#### 1. *Error*

*Error* adalah perbedaan antara nilai yang diukur atau diperkirakan dengan nilai sebenarnya atau yang diharapkan. Dalam konteks pengukuran, *error* dapat didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai yang diukur dengan nilai sebenarnya atau nilai referensi yang diketahui. *Error* dinyatakan dalam bentuk persentase [37]. Rumus *Error* dapat dilihat pada Rumus 2.5 berikut ini:

$$\text{Error} = \frac{\text{Nilai sensor} - \text{Nilai alat ukur}}{\text{Nilai alat ukur}} \times 100\% \quad (2.5)$$

## 2. Akurasi

Akurasi merupakan suatu sistem atau metode pengukuran dalam memberikan hasil yang mendekati hasil yang sebenarnya yang diinginkan. Dalam pengukuran, akurasi menggambarkan sejauh mana hasil pengukuran yang diberikan oleh instrumen atau sistem pengukuran dapat diandalkan dan tepat. Akurasi dapat dinyatakan dalam persentase atau dalam bentuk nilai absolut [38]. Rumus akurasi dapat dilihat pada Rumus 2.6 berikut ini:

$$\text{Akurasi} = \left( \frac{\text{Nilai pembacaan sensor}}{\text{Nilai pembacaan alat ukur}} \right) \times 100\% \quad (2.6)$$