

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *State of the Art*

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis menggunakan beberapa jurnal sebagai acuan dalam penelitian, yang dimuat pada **tabel 2.1**

Tabel 2. 1 *State Of The Art*

Penulis	Tahun	Judul	Metode	Hasil Penelitian
Husnul Mubarak, Muhammad Rizal, Iqbal, Abdul Waris, M. Tahir Sapsal dan Imam Suelfikhar	2022	Perancangan Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Ruang <i>Greenhouse</i> menggunakan sensor DHT-22	Metode yang digunakan adalah Mikrokontroler Arduino/nodemcu pada alat berfungsi untuk mengontrol komponen elektronik, sensor DHT-22 berfungsi untuk mendeteksi suhu dan kelembapan udara dalam ruang <i>Greenhouse</i> , <i>Greenhouse</i> sebagai media atau tempat yang digunakan untuk pengujian suhu dan kelembapan ruang, HP android sebagai display	Alat ini dirancang untuk mengetahui suhu dan kelembapan udara pada ruang <i>greenhouse</i> , yang menggunakan beberapa komponen misalnya Mikrokontroler Arduino/nodemcu pada alat berfungsi untuk mengontrol komponen elektronik, sensor DHT-22 berfungsi untuk mendeteksi suhu dan kelembapan udara dalam ruang <i>Greenhouse</i> dan menggunakan

			monitoring hasil pengukuran.	pompa yang memerintahkan hidup/ mati apabila kondisi suhu dan kelembaban udara di bawah ataupun di atas jangkauan normal.
Riky Nopriawan	2018	<i>Prototype</i> alat pengendali dan monitoring tanaman sebagai pengembangan <i>smart farming</i> berbasis IoT	Metode yang digunakan adalah Arduino uno, ESP8266, Sensor DHT-11, sensor LDR, sensor <i>Soil moisture</i> , sensor <i>ultrasonic</i> dan modul <i>relay</i> , media tanaman yang digunakan adalah tanaman bayam	Alat ini di rancang untuk kendali dan monitoring tanaman dengan menggunakan mikrokontroler Arduino uno, nodemcu esp8266 sebagai modul wifi agar terhubung ke IoT, sensor DHT-11 untuk mengetahui nilai suhu dan kelembaban udara, sensor soil moisture untuk mengetahui kadar kelembaban tanah, sensor ultrasonic sebagai kontrol tangki pompa, sensor LDR

				sebagai intensitas cahaya dan modul relay sebagai kontrol aktuator pompa
Nurazura Alfahira, Dedi triyanto, Irma Nirmala	2021	Sistem monitoring dan kendali tanaman hidroponik <i>indoor farming</i> menggunakan <i>Led Grow Light</i> berbasis <i>website</i>	Metode yang digunakan adalah dengan media hidroponik dan tanaman selada, menggunakan ESP32, Sensor soil moisture, sensor DHT11 sensor TDS dan website	Alat ini dirancang untuk memonitoring dan kendali tanaman hidroponik dengan menggunakan ESP32 sebagai mikrocontroller , sensor soil moisture untuk kelembaban tanah sensor DHT-11 untuk suhu dan kelembaban udara, sensor TDS untuk Ph air, dan menggunakan <i>Led Grow Light</i> untuk melihat perkembangan tanaman

2.2 Vertical Farming

Sistem pertanian vertikal atau biasa juga disebut dengan *Verticulture* merupakan sistem budidaya pertanian yang dilakukan secara vertikal atau bertingkat baik dilakukan didalam ruangan (*indoor*) atau di luar ruangan (*outdoor*). Sistem pertanian ini merupakan cara untuk mensiasati keterbatasan lahan. Selain pemanfaatan lahan yang sempit, teknik bercocok tanam vertikal mampu menghasilkan tanaman yang berkualitas yang sama dengan proses penanaman secara horizontal. Pertanian vertikal tidak hanya sebagai sumber pangan tetapi juga menciptakan nuansa alami dan estetika yang indah[3].

Perbandingan metode ini dengan pertanian tradisional adalah lebih efisien, mampu adaptasi, dan manfaat lainnya. Selain dari memecahkan persoalan akan kebutuhan lahan ketika luasan lahan justru menyempit, vertical farming yang berada di dalam ruangan tertutup dapat melindungi tanaman dari kondisi alam seperti pergantian musim, banjir dan kekeringan. *Vertical farming* juga menghasilkan produk tanaman yang lebih berkualitas, sebab kondisi ruangan tempat dilakukannya *vertical farming* dapat diatur, baik itu temperatur, pencahayaan, kelembaban dan lain sebagainya.



Gambar 2. 1 Tanaman *Vertical Farming*

(sumber : Agus s ginting,2018)

Dibawah ini adalah beberapa jenis tanaman yang dapat di budidayakan dalam kegiatan vertical farming antara lain :

1. Sayuran hijau : sawi, selada, seledri, bayam, pak choy hingga kangkung
2. Buah- buahan : cabai, tomat, anggur, strawberry, melon, dan timun
3. Umbi-umbian : ketela, singkong, talas
4. Tanaman herbal rempah : jahe dan lengkuas [3][4].

2.3 Tanaman Cabai

Tanaman cabai merupakan salah satu jenis rempah yang seringkali di tambahkan sebagai bumbu masakan karena rasanya yang pedas memberikan kesegaran, serta cabai juga berkhasiat mengurangi terjadinya penggumpalan darah (trombosis). Selain itu kandungan antioksidan pada cabai juga memperkuat kesehatan tubuh secara keseluruhan dan membantu tubuh melawan infeksi. Menurut para arkeolog, manusia sudah menggunakan bumbu pedas seperti cabai pada makanan mereka lebih dari 6 ribu tahun lalu. Karena kekhasan rasanya sehingga hampir semua orang menggunakan cabai. Selain sebagai bumbu juga dapat memberikan warna yang membuat orang yang melihat berselera. Kebutuhan sebagai bumbu memiliki indikator bahwa cabai di perlukan dalam jumlah yang besar. Sehingga pertanian perkotaan (*vertical farming*) menjadi salah satu solusi yang dapat digunakan untuk mengatasinya[4].

2.3.1 Syarat Tumbuh Tanaman Cabai

Cabai dengan nama latin *capsicum annum L* adalah salah satu komoditas pertanian yang banyak dibudidayakan di indonesia. Pada cabai terdapat zat kapsaisin yang berfungsi sebagai stimulan dan mengakibatkan rasa terbakar dimulut jika dikonsumsi terlalu banyak. Selain itu, pada cabai juga terdapat zat kapsidin yang berkhasiat mencegah terjadinya infeksi pada sistem pencernaan dan untuk membuat sekresi asam lambung menjadi lancar. Agar dapat tumbuh dan berkembang dengan optimal, tanaman cabai memerlukan kondisi lingkungan tertentu. Tabel 2.2 berikut merupakan kondisi lingkungan sebagai syarat tumbuh tanaman cabai[5].

Tabel 2. 2 kondisi lingkungan sebagai syarat tumbuh tanaman cabai

Parameter	Syarat tumbuh tanaman cabai
Sinar matahari	Penyinaran secara penuh
Curah hujan	800-2000 mm/tahun
Suhu	21°-28°C untuk siang hari dan 13°-16°C untuk malam hari
Kelembaban	60-80%
Ketinggian tempat	Kurang dari 1400 mdpl
Tanah	Ph 6-7

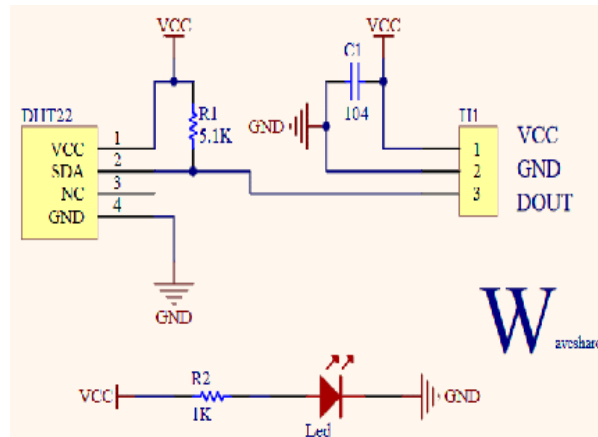
2.4 Sensor DHT22

DHT22 merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi perubahan pada lingkungan, baik itu perubahan mekanis, panas, cahaya dan lain sebagainya. Sensor terdiri dari bagian pemancar dan bagian penerima. Dalam lingkup robotika, sensor memberikan kesamaan fungsi seperti indera pada manusia[6].

DHT-22 adalah chip tunggal kelembaban relatif dan multi sensor suhu yang terdiri dari modul yang dikalibrasi keluaran digital. Pada pengukuran suhu data yang dihasilkan 14 bit, sedangkan untuk kelembaban data yang dihasilkan 12 bit. Keluaran dari DHT-22 adalah digital sehingga untuk mengaksesnya diperlukan pemrograman dan tidak diperlukan pengkondisian sinyal atau (ADC).

DHT-22 terdiri dari komponen penginderaan kelembaban, sensor suhu NTC (atau termistor) dan IC di sisi belakang sensor. Untuk mengukur kelembaban mereka menggunakan komponen penginderaan kelembaban yang memiliki dua elektroda dengan substrat penahan kelembaban di antaranya. Jadi saat kelembaban berubah, konduktivitas substrat berubah atau resistansi antara elektroda ini berubah. Perubahan resistansi ini diukur dan diproses oleh IC yang membuatnya siap dibaca oleh mikrokontroler. Sedangkan untuk mengukur suhu sensor ini menggunakan sensor suhu NTC atau thermistor. Termistor sebenarnya adalah resistor variabel yang mengubah resistansinya dengan perubahan suhu. Sensor ini dibuat dengan sintering bahan semikonduktif seperti keramik atau polimer untuk memberikan perubahan resistansi yang lebih besar hanya dengan perubahan suhu yang kecil.

Bentuk fisik sensor DHT22 bisa dilihat pada **Gambar 2.3**



Gambar 2. 2 Skematik Sensor DHT22

(sumber : Budi Herdiana, Muhammad Habibi Barkatulah, 2018)



Gambar 2. 3 Bentuk Fisik DHT-22

(sumber : Budi Herdiana, Muhammad Habibi Barkatulah, 2018)

Tabel 2. 3 Spesifikasi sensor suhu kelembaban DHT22

1. Input tegangan 3V hingga 5V
2. Konsumsi arus maksimal 2.5 mA saat digunakan selama konversi
3. Kelembaban 0-100% dengan akurasi 2-5%
4. Baik untuk pembacaan suhu -40°C hingga 80°C dengan akurasi $\pm 0.5^\circ\text{C}$
5. Pengambilan data minimal 0.5 Hz (sekali setiap 2 detik)
6. Sensitivitas terhadap perubahan suhu $\pm 0.1 \text{ V}/^\circ\text{C}$

Tabel 2. 4 Tabel pin Sensor DHT-22

<i>Number pin</i>	<i>description</i>
1	vcc
2	Data
3	NC
4	GND

Untuk mengkonversi nilai suhu dari sensor ke mikrokontroler ESP32, digunakan rumus :

$$\text{Suhu } (^{\circ}\text{C}) = \frac{\text{Tegangan}-V_0}{\text{Sensitivitas}} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 1})$$

Dimana :

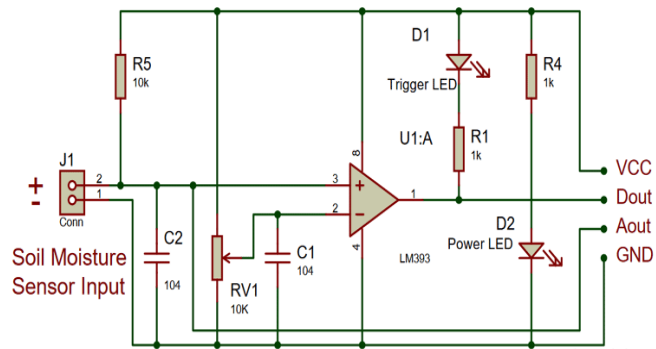
- Tegangan : nilai keluaran (vout) yang dihasilkan oleh sensor DHT22
- V0 : nilai akurasi pada sensor DHT22 (0,5°C)
- Sensitivitas: adalah sensitivitas sensor terhadap perubahan suhu (0,1 V/°C)

2.5 Capacitive Soil Moisture

Sensor *soil moisture* adalah suatu modul yang berfungsi untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah dan juga dapat digunakan untuk menentukan apakah ada kandungan air di dalam tanah atau sekitar sensor. Cukup dengan menancapkan lempeng pendeteksi kelembaban (*moisture sensing probe*) ke dalam tanah. Modul pemroses dapat menggunakan catu daya antara 3,3 Volt hingga 5 Volt sehingga fleksibel untuk digunakan pada berbagai macam mikrokontroler atau *development board*[7].

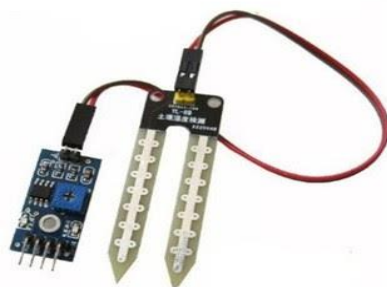
Sensor mengenakan dua konduktor yang di buat untuk mengalirkan arus melalui tanah yang di ukur kelembabanya dan kemudian sensor mulai membaca nilai resistansi untuk menentukan tingkat kelembaban pada tanah. Semakin banyak air di dalam tanah, semakin tinggi nilai hambatannya, dan semakin tinggi nilainya, semakin rendah hambatannya. Sensor kelembaban tanah di aplikasi Anda membutuhkan catu daya 5V dan tegangan *output* 04.2V.

Bentuk fisik sensor soil moisture pada **Gambar 2.5** dibawah.



Gambar 2. 4 Skematik *Soil Moisture*

(sumber : Ricky Nopriawan, 2018)



Gambar 2. 5 Bentuk Fisik *Soil Moisture*

(sumber : Ricky Nopriawan, 2018)

Tabel 2. 5 Spesifikasi Sensor Soil Moisture

No	Nama	Detail
1	Tegangan input	3.3V atau 5V
2	Tegangan output	0-4.2V
3	Arus	35 Ma
4	Value range ADC	1024 bit mulai dari 0-1023 bit

nilai ADC sensor kelembaban pada board Arduino nano adalah 0-1023 bit. Namun untuk mengubah nilai ADC menjadi analog yang akan menjadi data kelembaban tanaman dalam satuan kelembaban (RH), maka digunakan persamaan berikut :

$$\text{Kelembaban (\%)} = (100 - (\text{Nilai ADC} \times 0,0977)) \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2})$$

Berdasarkan pada persamaan 1, nilai 100 merupakan nilai persentase maksimal yaitu 100%, kemudian nilai ADC yang terukur pada mikrokontroler dikalikan dengan nilai 0,0977. Nilai 0,0977 didapatkan berdasarkan resolusi bit pada mikrokontroler Arduino yaitu 10-bit yang setara dengan nilai ADC 1023. Sehingga nilai 0,0977 didapatkan dari persamaan berikut:

$$\frac{\text{nilai persentase maksimum}}{\text{resolusi bit mikrokontroler}} = \frac{100}{1023} = 0,0977 \dots \dots \dots (\text{Persamaan 3})$$

2.6 Software Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah *software* yang digunakan untuk memprogram di arduino, dengan kata lain arduino IDE sebagai media untuk memprogram board arduino. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA dan dilengkapi dengan library C atau C++ yang membuat operasi input dan output menjadi lebih mudah. Arduino IDE dikembangkan yang berawal dari *software processing* menjadi Arduino IDE khusus untuk pemrograman dengan Arduino[8].



Gambar 2. 6 Software Arduino IDE

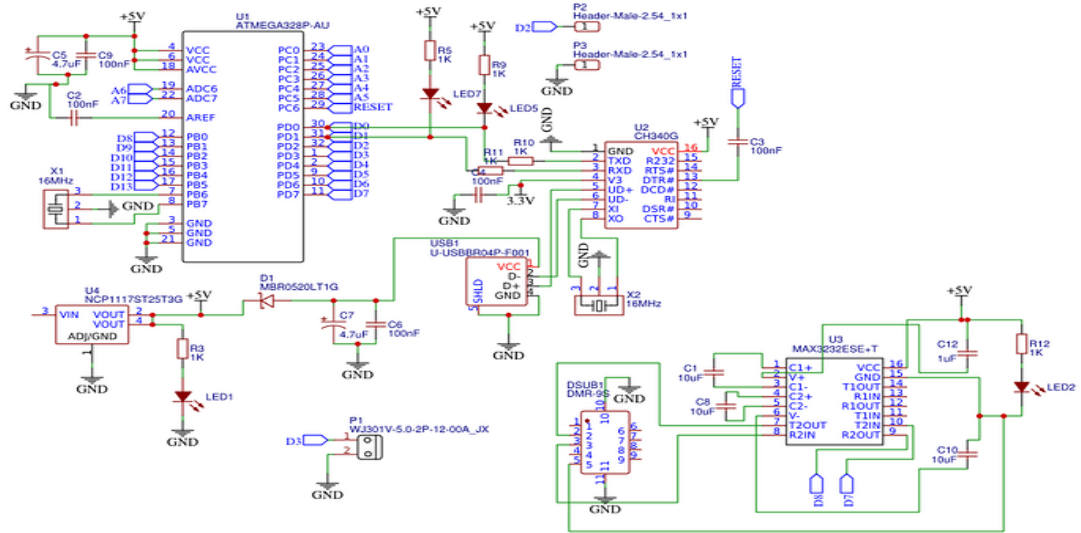
(Sumber : pribadi)

2.7 Arduino Nano

Arduino nano adalah salah satu pengembangan mikrokontroler yang berukuran kecil, lengkap dan mendukung penggunaan breadboard. Arduino nano di ciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega328 (untuk arduino nano versi 3.x) dan ATmega168 (untuk arduino 2.x). arduino nano kurang lebih memiliki fungsi yang sama dengan arduino Duemilanove, tetapi dalam paket yang berbeda. arduino nano

tidak menyertakan colokan DC berjenis Barrel Jack, dan di hubungkan ke komputer menggunakan kabel port USB mini-B. Arduino Nano di rancang dan di produksi oleh perusahaan Gravitech[9]. Dibawah ini adalah bentuk fisik dari arduino nano

Gambar 2.8



Gambar 2. 7 Skematik Arduino Nano

(sumber : Triawan yesi, juli sardi, 2020)



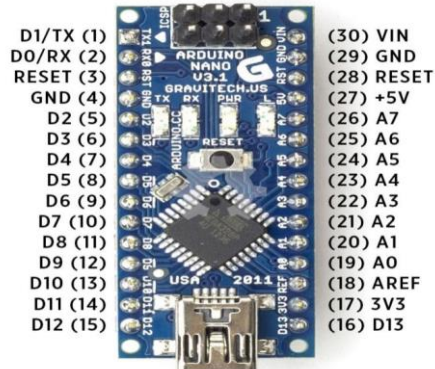
Gambar 2. 8 Arduino Nano

(sumber : Triawan yesi, juli sardi, 2020)

Tabel 2. 6 Tabel Spesifikasi Arduino Nano

Atribut	Detail
Mikrokontroler	Atmel ATmega168 atau ATmega328
Tegangan operasi	5V
Input Voltage (disarankan)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Pin Digital I/O	14 (6 pin digunakan sebagai output PWM)
Pin Input Analog	8

Arus DC per pin I/O	40 Ma
Flash Memory	16KB (Atmega168) atau 32KB (Atmega328) 2KB digunakan oleh Bootloader
SRAM	1KB (Atmega168) atau 2KB (Atmega328)
EPROM	512 byte (Atmega168) atau 1KB (Atmega328)



Gambar 2. 9 Pin Layout Arduino Nano

(sumber : Hendriono dede, 2020)

Tabel 2. 7 Konfigurasi Pin Arduino Nano

Nomor Pin Arduino Nano	Nama Pin Arduino
1	Digital Pin 0 (TX)
2	Digital Pin 0 (RX)
3&28	Reset
4&29	GND
5	Digital Pin 2
6	Digital Pin 3 (PWM)
7	Digital Pin 4
8	Digital Pin 5 (PWM)
9	Digital Pin 6 (PWM)
10	Digital Pin 7
11	Digital Pin 8
12	Digital Pin 9 (PWM)
13	Digital Pin 10 (PWM-SS)
14	Digital Pin 11 (PWM-MOSI)

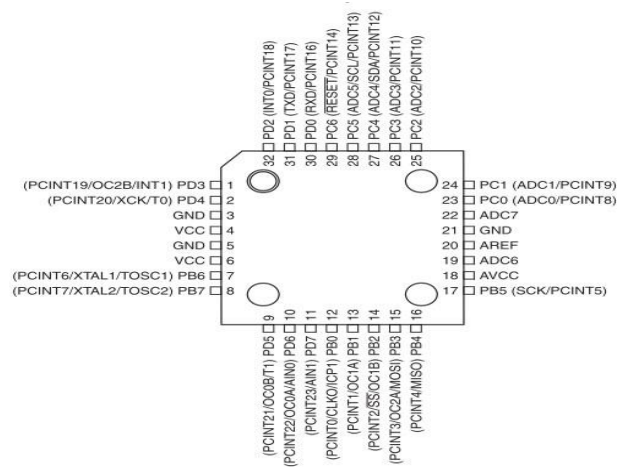
15	Digital Pin 12 (MISO)
16	Digital Pin 13 (SCK)
18	AREF
19	Analog Input 0
20	Analog Input 1
21	Analog Input 2
22	Analog Input 3
23	Analog Input 4
24	Analog Input 5
25	Analog Input 6
26	Analog Input 7
27	VCC
30	Vin

2.7.1 Sumber daya Arduino Nano

Arduino Nano dapat di aktifkan melalui koneksi USB Mini-B, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan belum teregulasi antara 6-20 Volt, yang dihubungkan melalui pin 30 atau pin VIN, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan teregulasi 5 Volt melalui pin 27 atau pin 5V. Sumber daya akan secara otomatis dipilih dari sumber tegangan yang lebih tinggi. Chip FTDI FT232L pada arduino nano akan aktif apabila memperoleh daya melalui USB, ketika Arduino Nano di berikan daya dari luar (Non-USB) maka Chip FTDI tidak aktif dan pin 3.3V pun tidak tersedia (tidak mengeluarkan tegangan), sedangkan LED TX dan RX pun berkedip apabila pin digital 0 dan 1 berada pada posisi HIGH.

2.7.2 Pemetaan Pin

Dibawah ini pemetaan pin Atmega328 pada Arduino Nano **Gambar 2.10**



Gambar 2. 10 Pemetaan Pin Atmega328

(sumber : : Hendriono dede, 2020)

Perhatikan pemetaan antara pin Arduino Nano dan port Atmega328 SMD. Pemetaan untuk Atmega8, Atmega168 dan Atmega328 sangat identik atau sama persis.

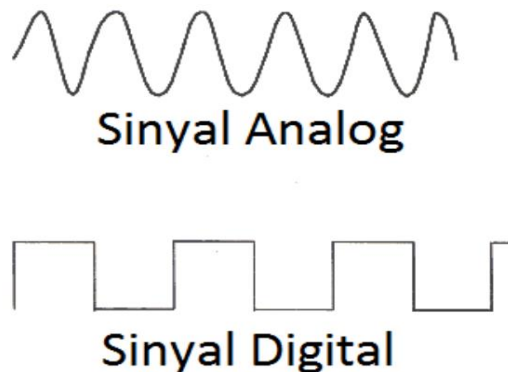
Tabel 2. 8 Pemetaan antara pin arduino nano dan port Atmega328

Nomor pin	Nama pin Atmega328	Nomor pin	Nama pin Arduino Nano
1.	PD3 (PCINT19/OCB2B/INT1)	6	Digital Pin 3 (PWM)
2.	PD4 (PCINT20/XCK/T0)	7	Digital Pin 4
3.	GND	4&29	GND
4.	VCC	27	VCC
5.	GND	4&29	GND
6.	VCC	27	VCC
7.	PB6 (PCINT6/XTAL1/TOASC1)	-	-
8.	PB7 (PCINT7/XTAL2/TOASC2)	-	-
9.	PD5 (PCINT21/OC0B/T1)	8	Digital Pin 5 (PWM)
10.	PD6 (PCINT22/OC0A/AIN0)	9	Digital Pin 6 (PWM)
11	PD7 (PCINT23/AIN1)	10	Digital Pin 7

12.	PB0 (PCINT0/CLK0/ICP1)	11	Digital Pin 8
13.	PB1 (PCINT1/OC1A)	13	Digital Pin 9(PWM)
14.	PB2 (PCINT2/SS/OC1B)	13	Digital Pin 10 (PWM-SS)
15.	PB3 (PCINT3/OC2A/MOSI)	14	Digital Pin 11 (PWM-MOSI)
16.	PB4 (PCINT4/MISO)	15	Digital Pin 12(MISO)
17.	PB5 (PCINT5/SCK)	16	Digital Pin 13 (SCK)
18.	AVCC	27	VCC
19.	ADC6	25	Analog Input 6

2.8 ADC (Analog to Digital Converter)

Analog to Digital Converter atau ADC adalah suatu metode untuk konversi sinyal analog menjadi sinyal digital. Biasanya sinyal analog yang dikonversi berupa tegangan (Volt) dan dirubah menjadi sinyal digital seperti kode biner 0 dan 1. Konversi sinyal analog ke digital ini dapat menggunakan berbagai macam *device* seperti modul khusus ADC, IC, Mikrokontroler , rangkaian elektronika dan lain-lain[10].



Gambar 2. 11 Sinyal Analog ke Digital

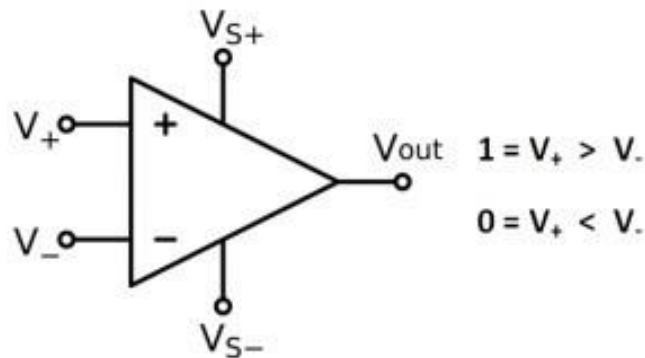
(sumber : Didik Hariyanto, 2018)

Terlihat pada gambar diatas bahwa sinyal analog tersebut berbentuk seperti kurva dimana akan secara kontinyu (terus menerus) bergerak dari atas ke bawah dan membentuk lekungan. Sementara itu sinyal digital berbentuk kotak dan bergerak ke atas dan kebawah membentuk sebuah kurva kotak.

Kemudian perangkat yang digunakan untuk ADC atau merubah sinyal analog ke digital ini bisa berupa Modul, IC, mikrokontroller atau rangkaian elektronika.

2.8.1 Pengertian ADC

ADC atau *Analog to Digital Converter* merupakan suatu metode pada rangkaian listrik yang digunakan untuk merubah sinyal analog menjadi sinyal digital. Untuk penjelasan yang lebih detail lihat pada gambar 2.12 dibawah ini.



Gambar 2. 12 Pengertian ADC

(sumber : Didik Hariyanto, 2018)

Gambar diatas merupakan suatu perangkat yang disebut sebagai komparator yang mana dapat digunakan sebagai ADC atau Analog to Digital Konverter. Jadi cara kerjanya adalah komparator akan dimasukkan sinyal analog dalam bentuk tegangan (Volt).

Terlihat pada gambar bahwa terdapat dua input yaitu V_+ dan V_- , jadi misalkan V_+ adalah input dan V_- adalah V_{ref} atau tegangan referensi. Kemudian terdapat suatu rumus :

- apabila $V_+ > V_-$ output komparator = 1
- apabila $V_+ < V_-$ output komparator = 0

Angkat 1 dan 0 tersebut merupakan suatu sinyal analog dalam bentuk bilangan biner. Jadi sinyal analog dalam bentuk tegangan dirubah menjadi sinyal digital dalam bentuk biner.

2.8.2 Fungsi ADC

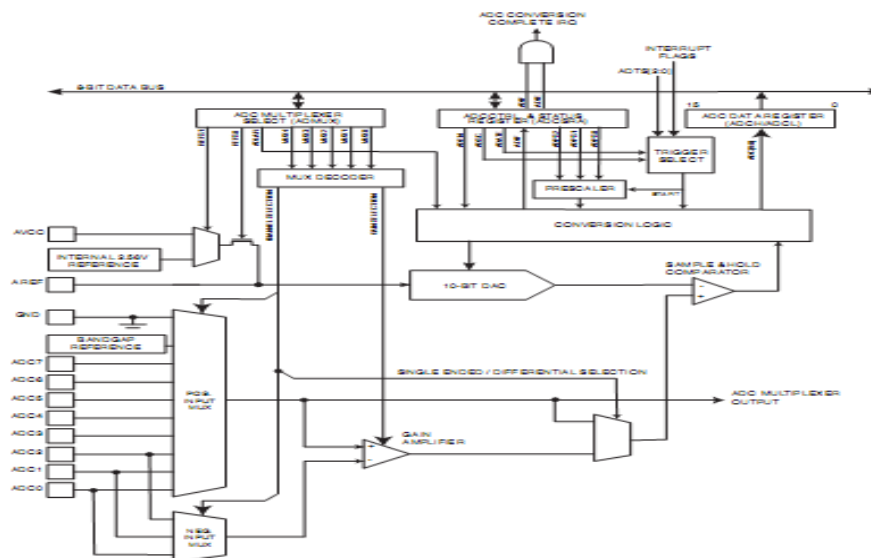
1. Untuk Membaca Hasil Pengukuran Sensor

Seperti kita ketahui bahwa sensor ini merubah hasil pengukuran yang telah dibaca menjadi besaran listrik (sinyal analog) dan kemudian dialirkan ke prosessor

2. Merubah Sinyal Analog Pada Audio Menjadi Sinyal Digital Agar Dapat Disimpan Di Memory Device.

2.9 Analog To Digital Converter (ADC) Mikrokontroler AVR ATMEGA32

Analog to Digital Converter atau ADC adalah fitur dalam mikrokontroler yang memiliki fungsi untuk mengkonversi (merubah) sinyal masukan analog (dari peranti masukan eksternal) menjadi sinyal masukan digital. Pada mikrokontroler, ADC dapat digunakan untuk berkomunikasi antara mikrokontroler dengan peranti-peranti eksternal (sensor) yang memiliki gelombang sinyal keluaran berupa gelombang sinyal analog (sinus). Gambar 1 merupakan gambar diagram blok fitur ADC pada mikrokontroler AVR ATMEGA32.



Gambar 2. 13 Diagram blok ADC mikrokontroler AVR ATMEGA32

(sumber : Didik Hariyanto, 2018)

A. Register Pengatur ADC Mikrokontroler AVR ATMEGA32

Dalam pengaturan ADC melibatkan beberapa register. Register-register tersebut antara lain sebagai berikut:

1. ADC Multiplexer Selection Register (ADMUX)
2. ADC Control & Status Register A (ADCSRA)
3. ADC Data Register (ADCL dan ADCH)
4. Special Function I/O Register (SFIOR)

B. Spesifikasi ADC Mikrokontroler AVR ATMEGA32

1. Resolusi ADC = 10-bit
2. Akurasi mencapai $\pm 2\text{LSB}$
3. Memiliki 8 kanal ADC
4. Rentang tegangan input = 0 volt – Vcc
5. Tegangan referensi internal = 5 volt
6. Terdapat 2 mode kerja, yaitu:
 - a) Konversi tunggal (single conversion)
 - b) Konversi terus-menerus (free running)
7. Konversi ADC dimulai ketika mendapat auto trigger dari sumber interupsi.
8. Lengkapnya proses konversi ADC dapat menjadi pemicu interupsi.
9. Nilai minimum ADC = 0 volt (GND)
10. Nilai maksimum ADC = tegangan pada pin AREF (minus 1 LSB).
11. Sinyal tegangan input ADC tidak boleh melebihi tegangan referensinya.
12. Hasil konversi ADC disimpan pada pasangan register ADCH dan ADCL.

C. Kode Digital ADC

ADC mengonversi tegangan input analog menjadi bilangan (kode) digital selebar 10-bit.

Rumus kode digital ADC:

1. Resolusi 10-bit.

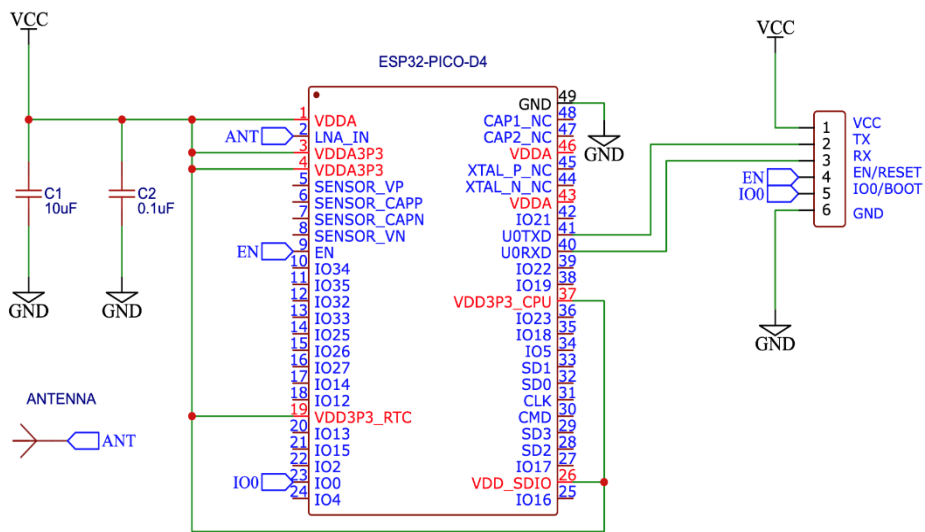
$$\text{ADC} = (\text{Vinput}/\text{Vref}) \times 1023 \dots\dots\dots (\text{Persamaan 4})$$

2. Resolusi 8-bit.

$$\text{ADC} = (\text{Vinput}/\text{Vref}) \times 256 \dots\dots\dots (\text{Persamaan 5})$$

2.10 Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 dikenalkan oleh *Espressif System* yang merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini keluaran terbaru dari ESP8266 dan berbeda dengan jenis board Arduino misalnya Arduino Nano, Arduino Uno maupun Arduino jenis lainnya. Mikrokontroler ESP32 memiliki keunggulan yaitu sistem berbiaya rendah, dan juga berdaya rendah dengan modul WiFi yang terintegrasi dengan chip mikrokontroler serta memiliki bluetooth dengan mode ganda dan fitur hemat daya menjadikannya lebih fleksibel. ESP32 kompatibel dengan perangkat seluler dan aplikasi IoT (*Internet of Things*). Mikrokontroler ini dapat digunakan sebagai sistem mandiri yang lengkap atau dapat dioperasikan sebagai perangkat pendukung mikrokontroler host[11].



Gambar 2. 14 Skematik ESP32

(Sumber : rifky, ihsan, 2021)



Gambar 2. 15 Bentuk Fisik ESP32

(Sumber : rifky, ihsan, 2021)

ESP32 adalah chip dengan WiFi 2.4GHz dan bluetooth dengan desain teknologi 40nm yang dirancang untuk daya dan kinerja radio terbaik yang menunjukkan ketahanan, keserbagunaan dan keandalan dalam berbagai aplikasi dan skenario daya. (Espressif, 2019). ESP32 memiliki pin out yang dapat dijadikan input atau output untuk menyalakan LCD, lampu, bahkan untuk menggerakkan motor DC. Pin out tersebut antara lain :

- a. 18 ADC (*Analog Digital Converter*) berfungsi untuk merubah sinyal analog ke digital
- b. 2 DAC (*Digital Analog Converter*, kebalikan dari ADC)
- c. 16 PWM (*Pulse Width Modulation*)
- d. 10 Sensor sentuh
- e. 2 jalur antarmuka UART
- f. Pin antarmuka I2C, I2S, dan SPI

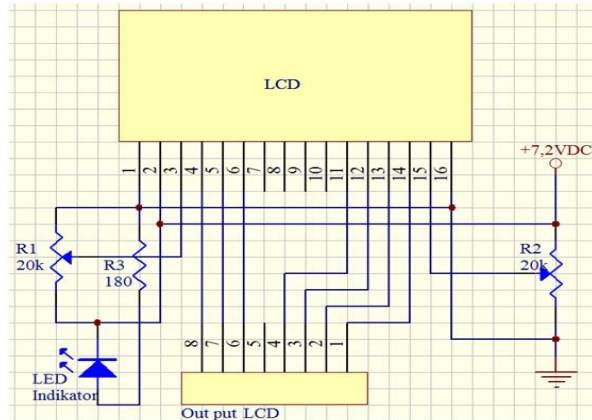
Tabel 2. 9 Spesifikasi ESP32

Atribut	Detail
CPU	<i>Tensilica Xtensa LX6 32bit Dual-Core di 160/240MHz</i>
SRAM	520 KB
FLASH	2MB (max. 64MB)
Tegangan input	3,6V
Arus Kerja	Rata-rata 80Ma
Dapat Diprogram	Ya (C, C++, Python, Lua, dll)
<i>Open Source</i>	Ya
Konektifitas	
WiFi	802.11 b/g/n

Bluetooth®	4.2BR/EDR + BLE
UART	3
I/O	
<i>GPIO</i>	32
SPI	4
I2C	2
PWM	8
ADC	18 (12-bit)
DAC	1 (8-bit)

2.11 Liquid Crystal Display 20x4

Penampil data Liquid crystal display (LCD) 20x4 merupakan komponen elektronika, mempunyai fungsi sebagai penampil karakter, angka, huruh bahkan grafik. CMOS *logic* adalah salah satu teknologi yang digunakan dalam membuat LCD, di mana teknologi ini memantulkan cahaya yang ada pada sekelilingnya dan tidak menghasilkan cahaya (back-lit)[12]. Beberapa campuran organik yang berada pada lapisan kaca bening dan elektroda yang transparan berbentuk seven segment merupakan komponen dasar dalam pembuatan LCD. Saat di trigger tegangan, maka elektroda aktif dengan medan listrik dan molekul-molekul *organic* yang beebentuk panjang dan silindris secara otomatis menyesuaikan dengan elektroda pada seven segmen. Pada sistem pencahayaan, terdapat lapisan sandwich yang memiliki polarizer cahaya dengan bentuk vertical depan dan polarizer cahaya horizontal, dan terdapat juga lapisan *reflector* yang mengikuti. Pada saat membentuk sebuah karakter yang diinginkan, maka gelombang cahaya yang dipantulkan tidak dapat menembus lapisan molekul yang sudah menyesuaikan serta segmen yang aktif terlihat gelap. Bentuk fisik LCD dapat dilihat pada **Gambar 2.16.** dibawah ini.



Gambar 2. 16 Skematik LCD

(sumber : *budiman, indra, 2021*)



Gambar 2. 17 Bentuk Fisik LCD

(Sumber : *budiman, indra, 2021*)

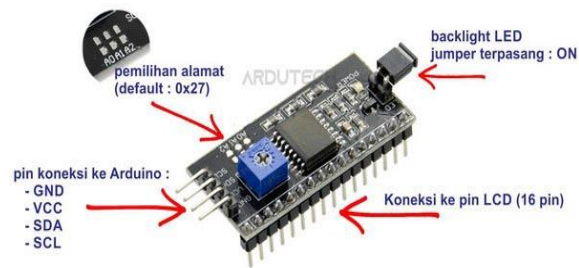
Fungsi pin pada LCD 20x4 terdiri sebagai berikut:

- DB7 – DB0 → jalur bus data, berfungsi sebagai jalur komunikasi untuk mengirim (transmitter) dan menerima (receiver) data dari mikrokontroler ke LCD.
- RS → berfungsi sebagai selector register (register select), memberi logika high (1) untuk register data serta logika 0 (low) sebagai register perintah.
- R/W → mempunyai fungsi untuk menetapkan mode tulis atau baca dari data yang ada pada DB7–DB0. Pemberian mode baca ini dengan logika 1 (high) untuk mode write dan 0 (low) untuk fungsi read.
- Enable (E) → mempunyai fungsi sebagai enable-clock (EC), logika 1 setiap kali pembacaan serta pengiriman informasi/data.

2.11.1 I2C (Inter Integrated Circuit)

I2C atau Inter Integrated Circuit dikenal dengan sebutan adalah standar interface yang dapat berkomunikasi dua arah sekaligus. I2C bekerja dengan

menggunakan dua saluran terbuat khusus untuk mengontrol integrated circuit (IC). Sistem keseluruhan yang terdapat dalam I2C tersusun atas dua saluran yaitu, saluran SDA (serial data) mempunyai fungsi membawa data atau informasi I2C dengan mikrokontroler dan saluran serial clock line (SCL) untuk menghantarkan sinyal clock.



Gambar 2. 18 Modul I2C

(Sumber : budiman, indra, 2021)

Tabel 2. 10 pin LCD (liquid crystal display) I2C

No	Description
1	GND
2	VCC
3	SDA (serial data)
4	SCL (serial clock)

2.12 Relay

Relay adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara otomatis oleh tegangan listrik dan merupakan komponen *electromechanical* yang terdiri dari dua bagian utama yaitu electromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi[13]. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.

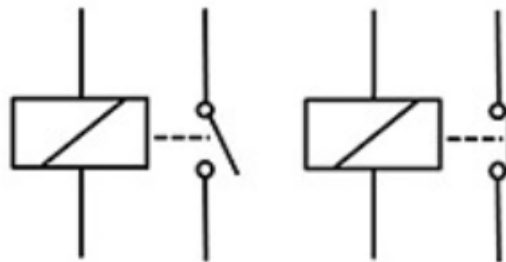


Gambar 2. 19 Modul *Relay*

(Sumber: H. Wicaksono, 2009)

Kontak poin (*contact point*) *relay* terdiri dari dua jenis, yaitu:

1. *Normally Close*, yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi close (tertutup).
2. *Normally Open*, yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi open (terbuka).

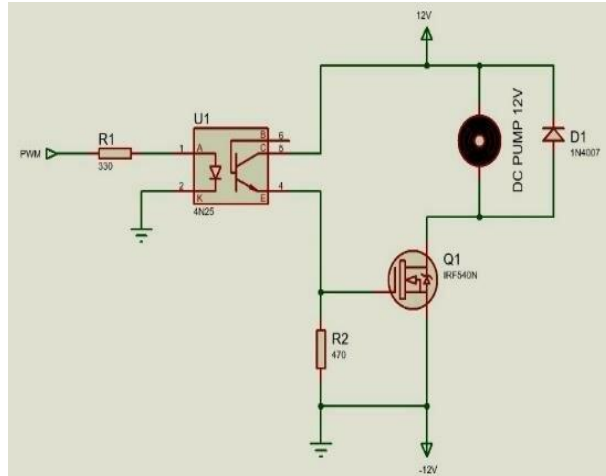


Gambar 2. 20 (a) *Normally Open* (b) *Normally Close*

(Sumber: H. Wicaksono, 2009)

2.13 Pompa DC

Pompa air DC merupakan jenis pompa yang menggunakan motor dc dan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor, sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor[14].



Gambar 2. 21 Skematik Pompa DC

(sumber: T mujiono, 2022)



Gambar 2. 22 Bentuk Fisik Pompa DC

(sumber : T mujiono, 2022)

Pompa air DC memiliki 3 bagian dasar :

1. bagian yang tetap/stasioner yang disebut stator. Stator ini menghasilkan medan magnet, baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektro magnet) ataupun magnet permanen
2. bagian yang berputar disebut rotor. Rotor ini berupa sebuah koil dimana arus listrik mengalir
3. *Gear Box* yang dipasang pada pompa. *Gear box* ini didalamnya terdapat gear yang dipasang pada ujung rotor untuk menghisap air. Gaya elektromagnet pada motor DC timbul saat ada arus yang mengalir pada penghantar yang berada dalam medan magnet. Medan magnet itu sendiri ditimbulkan oleh magnet permanen. Garis-garis gaya magnet mengalir diantara dua kutub magnet dari kutub utara ke kutub selatan.

2.14 Internet of Things (IoT)

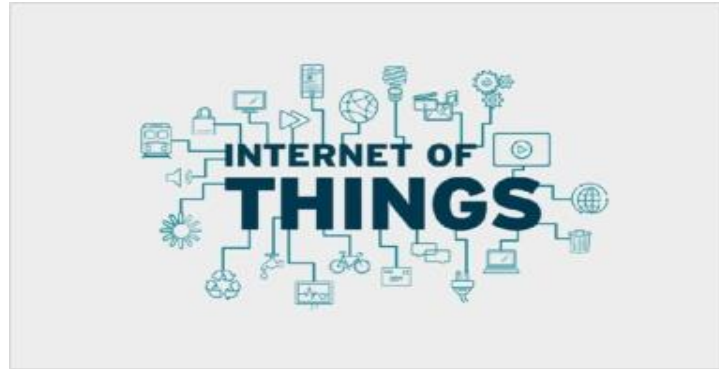
Internet of Things (IoT) adalah struktur di mana obyek, orang disediakan dengan identitas eksklusif dan kemampuan untuk pindah data melalui jaringan tanpa memerlukan dua arah antara manusia ke manusia yaitu sumber ke tujuan atau interaksi manusia ke komputer. *Internet of Things (IoT)* merupakan perkembangan teknologi yang menjanjikan dapat mengoptimalkan kehidupan dengan sensor sensor cerdas dan benda yang memiliki jaringan dan bekerjasama dalam internet[15]. *Internet of Things (IoT)* mengacu pada koneksi berbagai perangkat yang menyerupai komputasi tertanam yang dapat terdeteksi seperti sensor pada mobil, implan pemantauan jantung, transponder biochip pada hewan ternak.

2.14.1 Cara Kerja Internet of Things

Secara sederhana, konsep dari IoT sendiri adalah menghubungkan mesin dengan mesin lainnya. Manusia hanya berperan untuk memonitor dan mengawasi cara kerja IoT secara berkala, bukan secara terus-menerus. Dalam cara kerja IoT, setidaknya ada 3 hal yang harus ada, yakni perangkat, konektivitas internet dan cloud data center.

Pertama dimulai dengan sensor dalam perangkat IoT yang mengumpulkan data dan bereaksi berdasarkan data yang terkumpul. Sensor dalam perangkat IoT bisa mengenali perubahan temperatur, suara, sentuhan, dan lain sebagainya. Kemudian data yang terkumpul akan dikirimkan menggunakan koneksi internet menuju *cloud* data center. Setiap fitur dalam perangkat IoT memerlukan kapasitas energi, ketentuan jarak, serta bandwidth yang berbeda-beda. Jadi, sangat krusial untuk memiliki konektivitas internet yang stabil demi bisa mengaplikasikan teknologi IoT dengan optimal.

Selanjutnya, data akan diproses oleh *software*. Proses ini cukup krusial karena akan menentukan reaksi dari perangkat. Semisal anda menggunakan sistem keamanan rumah berbasis IoT, data seperti adanya pergerakan objek asing akan diproses dan software dapat menentukan tindakan seperti apa yang perlu dilakukan. Misalnya dengan mengirimkan notifikasi ke smartphone pemilik rumah atau langsung menyembunyikan alarm. Gambar *Internet Of Things* dapat dilihat pada **Gambar 2.23** dibawah ini.

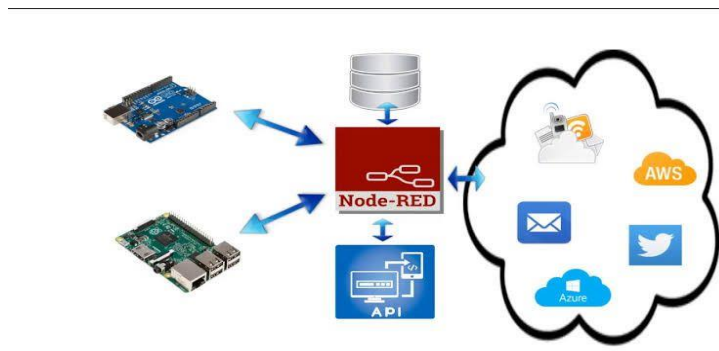


Gambar 2. 23 *Internet Of Things*

(Sumber : Rezafikran Madani, 2020)

2.15 Node-RED

Node-RED adalah sebuah tools berbasis browser untuk membuat aplikasi Internet of Things (IoT) yang mana lingkungan pemrograman visualnya mempermudah penggunaannya untuk membuat aplikasi sebagai “flow”. Lanskap bahasa pemrograman sangatlah luas dan meliputi berbagai jenis gaya dan paradigma pemrograman. Bahasa imperatif berorientasi objek saat ini menguasai dunia pemrograman, namun begitu sebetulnya ada alternatif untuk pengembangan atau produksi software dan juga untuk membuat prototipe ide dengan cepat.



Gambar 2. 24 Node Red untuk *Internet of Things*

(sumber : S mulyono, 2018)

Node-RED mengambil jalur alternatif tersebut untuk pengembangan software. Pertama ia adalah bahasa pemrograman visual. Daripada membuat aplikasi sebagai barisan kodingan. Node-RED fokus ke program sebagai *flow*[16].



Gambar 2. 25 Flow di dalam lingkungan pengembangan Node-RED

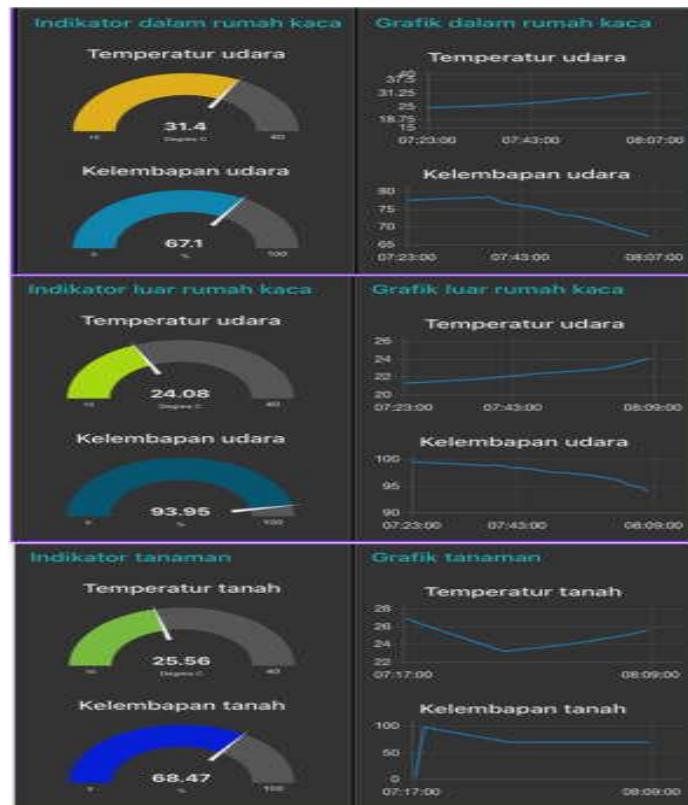
(sumber : S mulyono, 2018)

Flow ini terbentuk dari node-node yang saling berhubungan dimana tiap node melakukan tugas tertentu. Walaupun Node-RED di desain untuk Internet of Things (IoT), ia juga dapat digunakan untuk keperluan umum dan untuk berbagai macam jenis aplikasi.

Node-RED menyediakan berbagai jenis node yang dapat membuat developer langsung menjadi produktif, seperti :

1. Menampilkan input node dan output node yang mana mengizinkan subskripsi dan tanda terima dari topik MQ Telemetry Transport (MQTT) dan keluaran dari topik MQTT ke sebuah broker.
2. Pengembangan layanan web melalui permintaan HTTP (beserta pembuatan balasan HTTP) dan TCP level rendah dan layanan User Datagram Protocol yang dapat membuat server, menerima input dan menghasilkan output.

Contoh Tampilan Interface HP



Gambar 2. 26 Contoh tampilan HP

(sumber : S mulyono, 2018)

2.16 Perhitungan Pengukuran Sensor

Perhitungan nilai error dilakukan untuk mengetahui nilai akurasi dari sensor. Akurasi sensor merupakan ukuran seberapa dekat nilai keluaran sensor terhadap nilai sebenarnya. Nilai akurasi sensor ditentukan berdasarkan perhitungan galat relatif (*relative error*). Pada error relatif didapatkan dari perbandingan antara error absolut terhadap nilai sebenarnya. Error absolut merupakan selisih antara nilai sesungguhnya (*true value*) dengan nilai hasil pengukuran (*measured value*). Error absolut dapat dihitung menggunakan persamaan 1 dan nilai error relatif di tentukan dengan persamaan pada Persamaan 2 [17].

$$Ea = |xi - xp| \dots \dots \dots (Persamaan 6)$$

$$Er = \frac{Ea}{xp} \times 100 \% = \frac{|xi - xp|}{xp} \times 100 \% \dots \dots \dots (Persamaan 7)$$

Keterangan :

Ea = Galat Absolute

$Er = \text{Galat relatif (\%)}$

$xi = \text{Nilai pengukuran}$

$Ep = \text{Nilai sesungguhnya}$

Ketika selisih pengukuran sensor dengan alat ukur standar yang dihasilkan cukup besar, maka untuk memperkecil selisih dan *error* pengukuran, digunakan persamaan regresi linear sederhana. Analisis regresi merupakan suatu metode statistik yang digunakan untuk mengamati hubungan antara variabel terikat Y dan serangkaian variabel bebas X_1, \dots, X_p . Tujuan dari metode ini adalah untuk memprediksi nilai Y untuk nilai X yang diberikan. Persamaan regresi linear sederhana dinyatakan pada persamaan 3.

$$y = a + b \cdot x \dots\dots\dots(Persamaan 8)$$

Besar konstanta a dan koefisien b dapat ditentukan menggunakan Persamaan 6 dan 7.

$$a = \frac{(\sum yi)(\sum xi^2) - (\sum xi)(\sum xiyi)}{n \sum xi^2 - (\sum xi)^2} \dots\dots\dots(Persamaan 9)$$

$$b = \frac{n(\sum xiyi) - (\sum xi)(\sum yi)}{n \sum xi^2 - (\sum xi)^2} \dots\dots\dots(Persamaan 10)$$

Keterangan:

Y = Variabel terikat

a = Slope

b = Intersep

x = Variabel bebas

n = Banyak data