

BAB II
STUDI LITERATUR

2.1 Ulasan Penelitian

Tabel 2.1 Penelitian Terkait

No	Judul, Peneliti, dan Tahun	Kelebihan	Kekurangan
1	<p><i>Fuzzy Logic based Smart Irrigation System using Internet of Things.</i> (Krishnan, 2020)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Dapat digunakan pada daerah <i>outdoor</i> ● Tidak membutuhkan banyak biaya untuk membuat sistem 	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistem pemantauan hanya bergantung kepada notifikasi pesan SMS ● Tidak ada sistem perekaman data seperti <i>database</i>
2	<p><i>Zoning irrigation smart system based on fuzzy control technology and IoT for water and energy saving.</i> (Beyenza, 2020)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Pemantauan menggunakan HMI (<i>Human Machine Interface</i>) ● Sistem dapat menggunakan jaringan wireless ● Menggunakan tiga valve solenoid 	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistem pemantauan membutuhkan biaya besar untuk membayar <i>cloud server</i>
3	<p><i>Automatic Plant Watering System for Local Red Onion Palu</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistem menggunakan SD Card untuk menyimpan data 	<ul style="list-style-type: none"> ● Tidak ada sistem pemantauan secara <i>real-time</i>

	using Arduino. (Setiawan, 2022)		<ul style="list-style-type: none"> • Hanya bergantung kepada sensor kelembaban tanah
4	Design and Implementation of IoT based Automated Tomato Watering System Using ESP8266. (Nurhasanah, 2020)	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem sudah dapat terhubung jaringan WLAN 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak menggunakan metode fuzzy atau metode pengambil keputusan lainnya
5	Design And Construction of Automatic Planting Device Using NodeMCU Based on Internet Of Things. (Nur, 2022)	<ul style="list-style-type: none"> • Pemantauan dapat dilakukan menggunakan aplikasi android 	<ul style="list-style-type: none"> • Dalam pengambilan keputusan tidak menggunakan metode apapun • Hanya bergantung pada sensor <i>moisture</i> sebagai <i>input</i>
6	Penyiraman Tanaman Otomatis Dengan Metode Fuzzy Mamdani. (Ardyanti, 2020)	<ul style="list-style-type: none"> • Pengambilan keputusan menggunakan fuzzy mamdani • Sistem sederhana. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak ada sistem pemantauan secara <i>real-time</i>
7	Purwarupa Penyiraman Otomatis Dengan Arsitektur MQTT Dan Logika Fuzzy Sugeno Untuk Meningkatkan	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan fuzzy sugeno sebagai metode .keputusan penyiraman. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hanya cocok untuk tanaman dalam ruangan (<i>indoor</i>).

	Keefektifan Manajemen Penyiraman Tanaman. (Wijaya, 2020)	<ul style="list-style-type: none"> • Terdapat sistem pemantauan dengan Node-RED sebagai <i>server</i>. 	
8	Implementasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan Sistem Penyiraman Otomatis Tanaman Anthurium. (Saragi, 2022)	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan metode fuzzy untuk proses keputusan penyiraman • Menggunakan thingspeak untuk menyimpan data sensor secara <i>cloud</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hanya terdapat LCD I2C untuk output
9	Rancang Bangun Sistem Kontrol Penyiraman Tanaman Anggrek Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Notifikasi Telegram. (Cahya, 2021)	<ul style="list-style-type: none"> • Fuzzy sugeno sebagai metode keputusan penyiraman. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hanya terdapat sistem notifikasi melalui <i>chatbot</i> telegram
10	Internet Of Things: Prototipe Irigasi Digital Berbasis Mikrokontroler. (Mambang, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan Rapsberry Pi untuk mendukung sistem pemantauan 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak menggunakan metode fuzzy atau metode pengambil keputusan lainnya

Tabel 2.2 Perbedaan Penelitian

No	Judul, Peneliti dan Tahun	Input		Mikro-kontroler	Metode Fuzzy
		Sensor Kelembaban Tanah	Sensor Suhu		
1	<i>Fuzzy Logic based Smart Irrigation System using Internet of Things.</i> (Krishnan, 2020)	✓	✓	Arduino Uno dengan GSM Module	✓
2	<i>Zoning irrigation smart system based on fuzzy control technology and IoT for water and energy saving.</i> (Beyenza, 2020)	✓	✓	Arduino Nano	✓
3	<i>Automatic Plant Watering System for Local Red Onion Palu using Arduino.</i> (Setiawan, 2022)	✓	-	NodeMCU ESP8266	-
4	<i>Design and Implementation of IoT based Automated Tomato Watering System Using ESP8266.</i> (Nurhasanah, 2020)	✓	✓	NodeMCU ESP8266	-
5	<i>Design And Construction of Automatic Planting</i>	✓	-	NodeMCU ESP8266	-

	<i>Device Using NodeCU Based on Internet Of Things.</i> (Nur, 2022)				
6	Penyiraman Tanaman Otomatis Dengan Metode Fuzzy Mamdani. (Ardyanti, 2020)	✓	✓	Arduino Uno	✓
7	Purwarupa Penyiraman Otomatis Dengan Arsitektur MQTT Dan Logika Fuzzy Sugeno Untuk Meningkatkan Keefektifan Manajemen Penyiraman Tanaman. (Wijaya, 2020)	✓	✓	NodeMCU ESP32s	✓
8	Implementasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan Sistem Penyiraman Otomatis Tanaman Anthurium. (Saragi, 2022)	✓	✓	NodeMCU ESP8266	✓
9	Rancang Bangun Sistem Kontrol Penyiraman Tanaman Anggrek Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Notifikasi Telegram. (Cahya, 2021)	✓	✓	NodeMCU ESP32	✓

10	Internet Of Things: Prototipe Irigasi Digital Berbasis Mikrokontroler. (Mambang, 2019)	✓	✓	Arduino Uno	-
----	---	---	---	----------------	---

Dalam tabel perbandingan diatas, pada sepuluh jurnal terdahulu terdapat perbedaan penelitian antara sensor yang digunakan, metode fuzzy dan output yang dipakai.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Fuzzy Logic

Prof. L.A. Zadeh pada tahun 1965 dikenal sebagai pencetus gagasan logika fuzzy. Perluasan himpunan crisp merupakan salah satu prinsip pada himpunan fuzzy. Himpunan crisp merupakan himpunan yang biasanya digunakan untuk mengelompokkan satu individu menjadi beberapa kategori diantaranya yakni anggota dan bukan anggota.

Bila ditinjau dari himpunan crisp, hanya terdapat dua kemungkinan nilai keanggotaan, yaitu nol atau satu. Dalam penggunaannya, nilai keanggotaan pada himpunan fuzzy ini memiliki kisaran rentang nilai 0 sampai dengan 1. Sebagai contoh, jika x mempunyai nilai keanggotaan fuzzy $\mu_A[x] = 0$, hal ini menunjukkan bahwa x tidak tergolong ke dalam himpunan A . Berlaku juga untuk $\mu_A[x] = 1$, hal ini berarti bahwa x tergolong ke dalam himpunan A sebagai anggota penuh (Kusumadewi, 2019). Atribut himpunan fuzzy dapat dikelompokkan sebagai berikut:

Atribut himpunan fuzzy dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Linguistik

Linguistik termasuk penamaan suatu kelompok yang menjadi wakil dalam situasi tertentu dan bahasa yang digunakan adalah bahasa alami. Sebagai contoh, MUDA, PARUBAYA, TUA.

2. Numeris

Numeris merupakan penanda yang menjadi tolak ukur dalam variabel berupa nilai. Sebagai contoh, 25, 40, 50, dsb.

Fungsi Keanggotaan (*membership function*), fungsi ini berperan sebagai marker dan diimplementasikan dalam bentuk input data berupa titik-titik yang termasuk dalam nilai keanggotaan. Mempunyai interval 0 sampai 1 sebagai syaratnya dan ditunjukkan dalam bentuk kurva. Salah satu cara untuk mendapatkan nilai keanggotaan dapat dilakukan dengan pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi lain yang dapat dilakukan, antara lain representasi linier, representasi kurva segitiga, representasi kurva trapesium, dan representasi kurva bentuk bahu.

Himpunan konvensional biasa digunakan sebagai operasi himpunan fuzzy. Terdapat beberapa operasi yang memiliki arti spesifik dengan tujuan yakni menggabungkan dan mengubah himpunan fuzzy. *Namafire Strength* atau α -predikat merupakan istilah yang sering dikenal dikarenakan memiliki nilai keanggotaan hasil dari operasi dua himpunan. Beberapa operator dasar hasil karya Zadeh diantaranya operator AND, operator OR, dan operator NOT.

Fungsi implikasi adalah aturan yang ada pada garis pengetahuan yang kabur dan memiliki hubungan dengan hubungan fuzzy. Berikut ini adalah perbandingan umum dari fungsi implikasi.

$$\text{IF } x \text{ is } A \text{ THEN } y \text{ is } B \quad (2.1)$$

Keterangan:

x dan y : skalar

A dan B : himpunan fuzzy

Anteseden adalah istilah yang biasa dipakai dan melambangkan hubungan yang mengikuti IF. Sedangkan konsekuen adalah istilah yang biasa dipakai untuk melambangkan hubungan yang mengikuti THEN. Proposisi ini dapat dikembangkan menggunakan operator fuzzy seperti:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \bullet (x_2 \text{ is } A_2) \bullet (x_3 \text{ is } A_3) \bullet \dots \bullet (x_N \text{ is } A_N) \bullet \text{ THEN } y \text{ is } B \quad (2.2)$$

Keterangan:

\bullet adalah operator (misal: OR atau AND).

Secara umum, ada dua fungsi implikasi yang bisa digunakan, yaitu Min dan Dot. Jika sistem terdiri dari beberapa aturan fuzzy, maka inferensi berasal dari kumpulannya dan hubungan antar aturan. Metode Max adalah salah satu contoh metodenya.

Defuzzifikasi termasuk input dari proses defuzzifikasi yang merupakan bentuk himpunan fuzzy yang berasal dari perakitan aturan fuzzy. Untuk output yang didapatkan berisi angka-angka dalam domain himpunan fuzzy. Jika himpunan kabur diberikan dalam batas tertentu, nilai tajam / crisp tertentu harus dapat diperoleh sebagai output (Kusumadewi, 2019).

Metode Centroid termasuk salah satu metode defuzzifikasi dalam komposisi aturan. Contoh dari metode defuzzifikasi dalam bahan / komposisi aturan yakni metode centroid. Metode ini dikenal juga dengan *composite moment*. Metode ini dapat mengambil titik pusat daerah fuzzy sehingga diperoleh solusi crisp.

2.2.2 Metode Sugeno

Metode sugeno termasuk dalam salah satu metode *fuzzy logic*. Metode ini diperkenalkan pada tahun 1985 oleh Takagi-Sugeno Kang. Kelemahan sistem fuzzy murni dapat diatasi dengan adanya sistem fuzzy sugeno dengan menambahkan kalkulus matematika sederhana sebagai bagian dari THEN. Perubahan ini menghasilkan sistem fuzzy yang menimbang nilai rata-rata di bagian aturan fuzzy IF-THEN. Kelemahan sistem fuzzy sugeno terletak pada bagian THEN. Misalnya, keberadaan perhitungan matematis dapat memberikan kerangka alami untuk penyajian pengetahuan manusia yang nyata (Meimaharani & Listyorini, 2014).

Penalaran metode sugeno memiliki perbedaan dengan penalaran Mamdani. Penalaran Mamdani memiliki output sistem (konsekuen) berupa himpunan fuzzy, sedangkan penalaran metode sugeno outputnya berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan pada tahun 1985 oleh Takagi – Sugeno Kang, sehingga metode ini sering juga dikenal dengan metode TSK (AD Putri & Effendi, 2019).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Suardika et al., (2018) mengenai perbandingan antara ketiga metode dalam *Fuzzy Logic*, menyimpulkan bahwa metode sugeno memiliki nilai kesalahan terkecil dibandingkan dengan dua metode lainnya. Menurut Hakim (2016), beberapa hal penting yang perlu diketahui untuk memahami metode fuzzy adalah sebagai berikut:

1. Variabel fuzzy

Variabel fuzzy adalah ambang atau kata yang menunjukkan sesuatu yang tidak spesifik dalam sistem fuzzy.

2. Himpunan fuzzy

Himpunan yang mewakili keadaan atau kondisi tertentu dalam variabel fuzzy disebut himpunan fuzzy.

3. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan merupakan nilai keseluruhan yang diizinkan untuk dioperasikan dalam variabel fuzzy.

4. Domain

Semua nilai yang diperbolehkan dalam semesta pembicaraan dan dapat dioperasikan dalam himpunan fuzzy disebut domain himpunan fuzzy.

2.2.3 Fungsi Keanggotaan

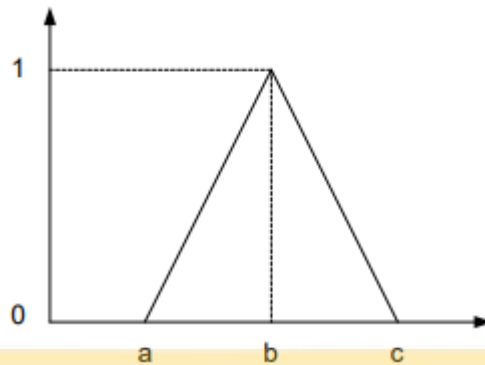
Menurut Hakim (2016), berikut ini merupakan hal penting untuk diperhatikan dalam memahami *fuzzy method*.

$$\tilde{A}: X \rightarrow [0,1] \quad (2.3)$$

Sebagian besar himpunan fuzzy berada dalam semesta bilangan real dengan fungsi keanggotaan yang dinyatakan dalam bentuk rumus matematika antara lain sebagai berikut:

1. Fungsi Keanggotaan Segitiga

Fungsi keanggotaan segitiga disebut juga sebagai fungsi keanggotaan himpunan kabur (fuzzy). Suatu fungsi disebut fungsi keanggotaan segitiga apabila memenuhi 3 parameter yakni $a, b, c \in R$ dengan $a \leq b \leq c$, dan disajikan dalam bentuk segitiga (x, a, b, c) . Fungsi keanggotaan segitiga seperti yang tertera pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan segitiga juga dapat dinyatakan dengan rumus berikut.

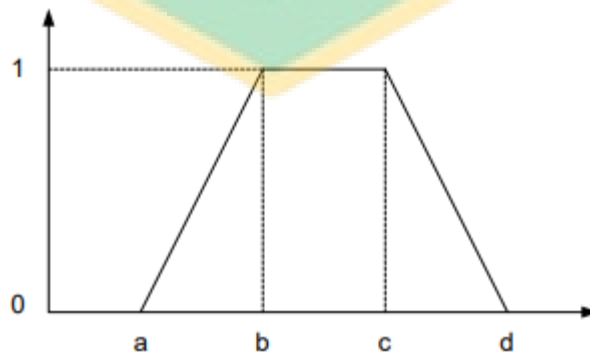
$$\text{Segitiga } (x,a,b,c) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & \text{untuk } a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & \text{untuk } b \leq x \leq c \\ 0, & \text{untuk lainnya} \end{cases} \quad (2.4)$$

Keterangan:

- a dan c : Nilai domain, derajat keanggotaan 0
- b : Nilai domain, derajat keanggotaan 1
- x : Nilai input dalam bentuk bilangan fuzzy

2. Fungsi Keanggotaan Trapesium

Fungsi keanggotaan trapesium disebut juga sebagai suatu fungsi keanggotaan himpunan kabur. Syarat suatu fungsi dikatakan fungsi keanggotaan trapesium jika memiliki 4 parameter yakni $a, b, c, d \in R$ dengan $a \leq b \leq c \leq d$ dan disajikan dalam bentuk trapesium. Representasi fungsi keanggotaan trapesium seperti yang tertera pada Gambar 2.2:



Gambar 2.2 Kurva Trapesium

Fungsi lainnya dari fungsi keanggotaan trapesium dapat dinyatakan dengan formula seperti berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \\ (x - a)/(b - a) & a \\ 1 & \\ (d - x)/(d - c) & \end{cases} \quad (2.5)$$

Keterangan:

- a dan c : Nilai domain dengan dwrajat keanggotaan 0
- b dan d : Nilai domainn dengan derajat keanggotaan 1
- x : Nilai input dalam bentuk bilangan fuzzy

2.2.4 Tahapan Metode Sugeno

Menurut Menurut Hakim (2016), beberapa tahapan dilakukan untuk mendapatkan suatu output dengan metode Sugeno, diantaranya:

1. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Pembentukan himpunan fuzzy dilakukan dimana variabel input dan variabel output dapat menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

2. Aplikasi Fungsi Implikasi / Agregasi

Cara untuk mendapatkan nilai minimum berdasarkan aturan ke-i adalah dengan Fungsi Min. Persamaan fungsi min dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$a_i = \mu_{A_i}(x) \cap \mu_{B_i}(x) = \min(\mu_{A_i}(x), \mu_{B_i}(x)) \quad (2.6)$$

Keterangan:

- a : Nilai minimum aturan ke-i pada himpunan fuzzy A dan B
- $\mu_{A_i}(x)$: Himpunan fuzzy A dengan derajat keanggotaan x aturan ke-i
- $\mu_{B_i}(x)$: Himpunan fuzzy B dengan derajat keanggotaan x aturan ke-i

3. Komposisi Aturan (*rules evaluation*)

Inferensi didapatkan dari kumpulan dan hubungan tiap aturan jika sistem tersusun dari beberapa aturan.

4. Defuzzifikasi

Ipnut yang dihasilkan dari proses defuzzifikasi merupakan angka kabur yang diperoleh dari komposisi aturan fuzzy. Sedangkan output yang diperoleh berupa angka dalam himpunan domain fuzzy. Jika himpunan fuzzy diberikan dalam kisaran tertentu, maka harus dapat mengambil nilai tajam / crisp tertentu sebagai output. Defuzzifikasi dapat dilakukan dengan menemukan nilai rata-rata tertimbang (*weight average*) pada metode sugeno sebagai berikut.

$$WA = \frac{\sum_{n=1}^9 \alpha_n z_n}{\sum_{n=1}^9 \alpha_n z_n} \quad (2.7)$$

Keterangan:

WA : Nilai rata-rata terbobot

ai : a-predikat ke-i

xi : konsekuen ke-i

2.2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler termasuk salah satu bagian yang ada didalam sistem komputer. Mikrokontroler merupakan sebuah *chip* yang secara umum dapat berfungsi sebagai penyimpan program didalamnya dan mengontrol rangkaian elektronik (Irfan, Andi., 2018). Ukuran pada mikrokontroler ini umumnya lebih kecil dibandingkan dengan komuter pribadi pada umumnya dan *computer inframe*. Mikrokontroler terdiri dari elemen-elemen dasar yang sama.

Sevara umum, mikrokontroler ini terdiri dari CPU, memori, input atau output tertentu serta unit pendukung lainnya seperti ADC yang terintegrasi ke dalamnya. Sederhananya, komputer akan menghasilkan hasil berupa output spesifik berdasarkan input yang diperoleh dan program yang berjalan. Program ini menginstruksikan komputer untuk melakukan jalinan yang panjang dari aksi-aksi sederhana untuk melakukan tugas yang lebih kompleks yang diinginkan oleh programmer.

2.2.6 NodeMCU ESP8266

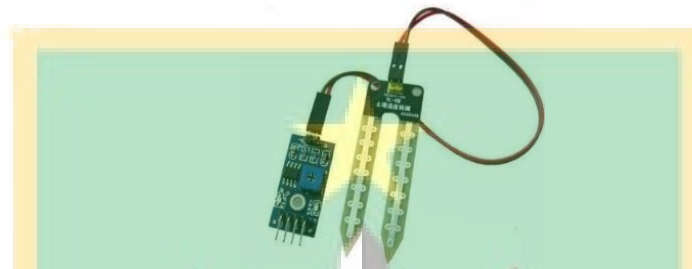


Gambar 2.3 NodeMCU ESP8266

NodeMCU adalah platform IoT yang memiliki sifat *open source*. NodeMCU terdiri dari hardware berupa *System On Chip* ESP8266 yang menggunakan bahasa pemrograman script (Hafiz, M. dan Candra, O., 2021).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Saputra dkk. (2017), ESP8266 berfungsi sebagai pengganti mikrokontroler dan juga dilengkapi dengan modul WiFi yang selanjutnya akan memberi data ke *cloud* / database. Sumber data ini berasal dari sensor.

2.2.4 Sensor Kelembaban Tanah

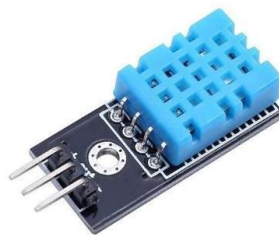


Gambar 2.4 Sensor YL-69

Sensor kelembaban merupakan sensor dengan fungsi sebagai pendeteksi kelembaban didalam tanah. Sensor ini biasanya digunakan untuk mengukur tingkat kebasahan tanah dan untuk memantau media tanah untuk tanaman. Sensor ini termasuk sensor sederhana dan ideal digunakan untuk pemantauan tingkat air pada tanaman pekarangan atau taman kota (Abdul, K., 2017).

Sensor kelembaban tanah ini tersusun atas dua probe yang digunakan untuk memberi jalan bagi arus melewati tanah, selanjutnya dibaca resistansinya. Hal ini dilakukan untuk memperoleh nilai atau tingkat kelembaban. Pada tanah yang lembab akan jauh lebih mudah dalam menghantarkan listrik. Hal ini disebut dengan istilah resistansi kecil. Sebaliknya, tanah yang mengandung sedikit air akan kesulitan dalam menghantarkan listrik (resistansi besar) (Prayama, D. dkk., 2018).

2.2.7 Sensor Suhu

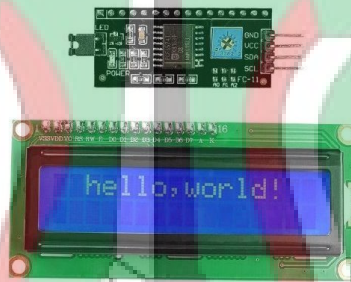


Gambar 2.5 Sensor DHT-11

Sensor DHT-11 ini adalah sensor suhu dan sensor kelembaban. Sensor ini terdapat fungsi dalam mendeteksi suhu. Selain itu, fungsi lain dari sensor suhu ini yakni dapat mengukur perubahan kelembaban dalam suatu tempat (P. Giashinta, 2018).

2.2.8 LCD I2C

LCD ini termasuk satu dari sekian banyaknya bagian rangkaian elektronik. LCD memiliki fungsi menampilkan suatu data biasanya dalam bentuk huruf, grafik atau karakter. LCD memiliki material berbahan dasar dari lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida yang merulakan lapisan campuran organik (Andri, 2020).



Gambar 2.6 LCD I2C

LCD I2C merupakan modul LCD yang dapat dikendalikan dengan serial sinkron. Hal ini sesuai dengan protokol I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*) atau TWI (*Two Wire Interface*) (Saptaji, 2019).

2.2.9 Relay

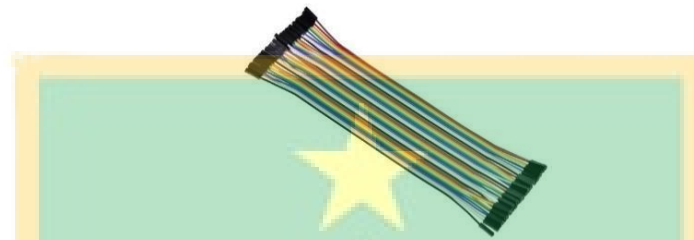


Gambar 2.7 Relay 5VDC 10A

Umumnya, relay adalah saklar yang dapat dioperasikan dengan listrik. Relay ini termasuk bahan elektromekanik dan tersusun atas dua bagian utama

diantaranya Elektro magnet (Coil) dan Mekanikal (Seperangkat kontak saklar/ switch). Prinsip elektromagnetik dari Relay yakni untuk menggerakkan kontak saklar yang dapat menghantarkan listrik dengan tegangan lebih tinggi walaupun arus listrik yang digunakan kecil (Deddy P., Amelia Y., dan Andi W. P., 2018).

2.2.10 Kabel Jumper



Gambar 2.8 Kabel Jumper

Kabel jumper dikenal dengan istilah kabel elektrik. Fungsi dari kabel jumper ini yakni srbagai penghubung tiap-tiap komponen yang terdapat didalam *breadboard* atau papan Arduino. Dalam pengerjaannya, alat ini memiliki kelebihan yakni tidak memerlukan bantuan dengan solder (Tantowi, D. dan Kurnia, Y., 2020).

2.2.11 Arduino IDE



Gambar 2.9 Arduino IDE

Arduino memiliki board mikrokontroler yang bersifat *open source* Arduino merupakan sebuah *platform hardware* dan *software* yang umumnya dipakai oleh para ahli elektronika. Disamping itu, terdapat kloader berupa USB yang terletak di dalam *board* Arduino sehingga dapat dengan mudah untuk melakukan pemrograman mikrokontroler (Prayama, D. dkk., 2018).