

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Ozon**

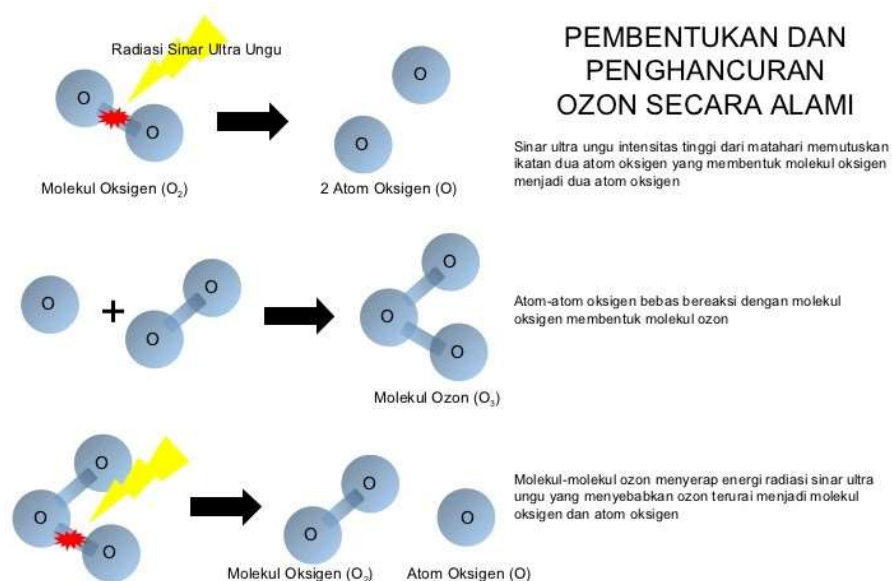
Ozon adalah molekul gas yang tersusun dari tiga atom oksigen yang secara alami terdapat di atmosfer bumi dan menyerap radiasi sinar ultraviolet pada panjang gelombang tertentu. Ozon ( $O_3$ ) berada dalam lapisan stratosfer dan lapisan ini terletak sepuluh hingga 5 puluh kilometer pada atas bagian atas bumi. Pada kehidupan sehari-hari ozon ( $O_3$ ) juga berfungsi menyerap semua radiasi ultraviolet yang mencakup UV-A yang dipancarkan oleh matahari. Secara alami ozon ( $O_3$ ) terbentuk secara fotokimia dalam lapisan stratosfer dengan listrik tegangan tinggi yang memancarkan bunga api (Qurniasih, 2019).

Menurut (Hadi & Rivai, 1980; Katz & Noyes Data Corp. NJ (USA) eng, 1980) Ozon biasanya digunakan dalam industri air minum untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme, termasuk virus dalam air. Fungsi ozon saat ini digunakan untuk membunuh alga, mengoksidasi bahan organik, menghilangkan rasa, bau dan warna yang tidak diinginkan akibat reaksi bahan organik. Ozon dapat mengoksidasi besi dan mangan, memecah sulfit, memecah surfaktan dan menghilangkan kekeruhan. Ozon memiliki sifat membunuh mikroorganisme yang kuat, yang membuatnya cocok untuk tujuan sterilisasi. Dalam menginaktivasi virus, ozon lebih kuat dibandingkan dengan klorin, dan lebih menguntungkan karena tidak meninggalkan residu dan tidak merubah rasa (Rusdi & Suliasih, 2002).

Pembentukan Ozon dapat terjadi dengan dua cara yaitu :

### 1. Secara Alami

Ozon terbentuk secara alami melalui proses fotokimia, khususnya oleh radiasi ultraviolet dari Matahari. Chapman menjelaskan pembentukan alami ozon pada tahun 1930, di mana sinar ultraviolet dari sinar matahari mampu memecah gas oksigen di udara bebas menjadi molekul. dipecah menjadi dua atom oksigen dari buah, proses ini dikenal sebagai fotolisis. Kemudian, atom oksigen secara alami bertabrakan dengan molekul gas oksigen di sekitarnya, membentuk ozon. Ozon yang terbentuk di stratosfer dikenal sebagai lapisan ozon (*ozone layer*) (Cahyono, 2006).



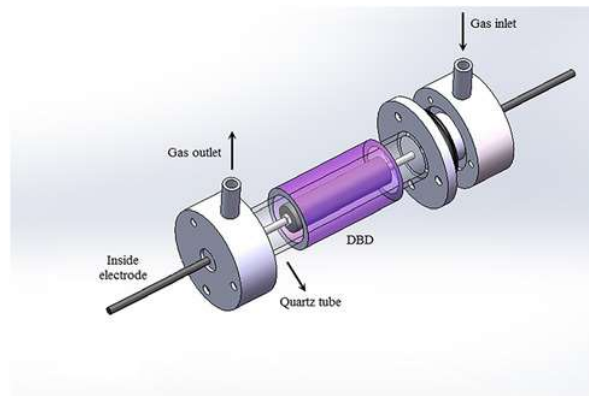
Gambar 2.1 Pembentukan dan penghancuran ozon secara alami

(Qurniasih, 2019)

### 2. Secara Buatan

Menurut Sugiarto (2003) metode *electrical discharge* dan sinar radioaktif. Pembentukan ozon dengan *electrical discharge* ini secara prinsip sangat mudah. Prinsip ini dijelaskan oleh Devins pada tahun 1956. Ia menjelaskan bahwa

tumbukan dari elektron yang dihasilkan oleh *electrical discharge* dengan molekul oksigen menghasilkan dua buah atom oksigen. Selanjutnya atom oksigen ini secara alamiah bertumbukan kembali dengan molekul oksigen di sekitarnya, lalu terbentuklah ozon (Cahyono, 2005). Pembentukan ozon melalui proses tumbukan dapat dilakukan dengan melewati gas oksigen ( $O_2$ ) pada daerah yang dikenai tegangan tinggi. Molekul oksigen ini akan mengalami ionisasi, yaitu proses terlepasnya suatu atom atau molekul dari ikatannya, menjadi ion-ion oksigen ( $O^*$ ). Molekul-molekul oksigen yang terionisasi ini biasa disebut dalam kondisi plasma (Syafarudin & Novia, 2013).



Gambar 2.2 Sistem reaktor plasma dengan penghalang dielektrik (Talebizadeh et al., 2015)

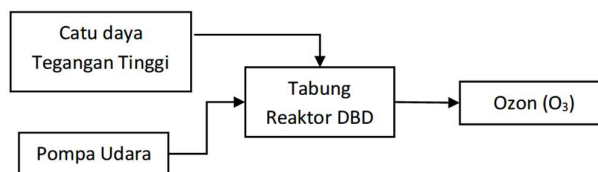
## 2.2 Plasma

Konsep tentang plasma pertama kali dikemukakan oleh Langmuir dan Tonks pada tahun 1928. Mereka mendefinisikan plasma sebagai gas yang terionisasi dalam lucutan listrik, jadi plasma dapat juga didefinisikan sebagai campuran kuasi netral dari elektron, radikal, ion positif dan negatif. Percampuran antara ion-ion yang bermuatan positif dengan elektron-elektron yang bermuatan negatif memiliki sifat-sifat yang sangat berbeda dengan gas pada umumnya dan materi pada fase ini disebut fase plasma. Maka secara sederhana

plasma didefinisikan sebagai gas terionisasi dan dikenal sebagai fase materi keempat setelah fase padat, cair, dan fase gas (Muhammad Nur, 2011, p. 17). Plasma dihasilkan menggunakan tegangan listrik, yaitu dengan menempatkan dua elektroda berlawanan satu sama lain di udara bebas. Udara adalah isolator, bahan yang tidak menghantarkan listrik. Namun, ketika tegangan listrik yang cukup tinggi diterapkan pada dua elektroda, fenomena ini disebut kerusakan listrik atau *electrical breakdown*. Semakin besar tegangan listrik yang diberikan pada elektroda, semakin banyak ion dan elektron bebas yang terbentuk (M Nur et al., 1997).

### 2.3 Generator Ozon

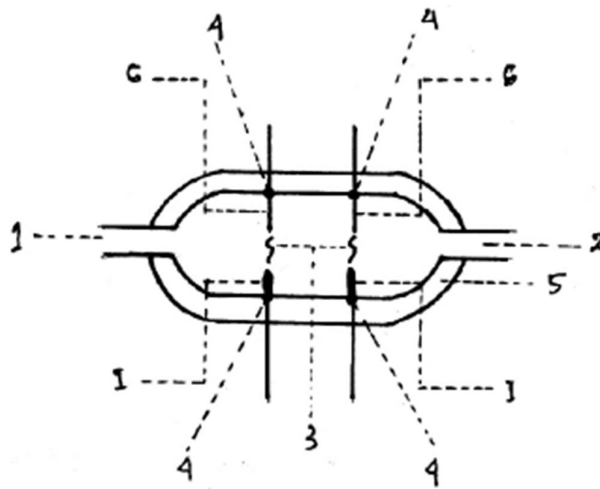
Ozon dapat diproduksi menggunakan plasma discharge atau proses corona discharge, yaitu oksigen ( $O_2$ ) dialirkan melalui dua elektroda bertegangan tinggi, menciptakan sebuah pelepasan plasma yang terjadi diantaranya. Ketika oksigen mengalir melalui area tegangan tinggi, ia menjadi terionisasi atau pelepasan molekul atom dari ikatannya menjadi ion oksigen ( $O^*$ ) dan bergabung dengan molekul yang tidak terionisasi membentuk ozon ( $O_3$ ) (Lubis & Sukardi, 2020). Secara garis besar generator ozon dapat dilihat dari Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Alur kerja generator ozon

Ozon generator yang digunakan menggunakan proses tumbukan dengan mengarahkan gas oksigen ( $O_2$ ) ke area yang bertegangan tinggi. Molekul oksigen

( $O_2$ ) yang terkena tegangan tinggi ini mengalami ionisasi, yaitu proses pemutusan atom atau molekul dari ikatannya menjadi ion-ion oksigen ( $O^*$ ). Ion oksigen yang mengikat molekul oksigen membentuk ozon ( $O_3$ ). Generator yang akan digunakan yaitu generator dengan lucutan plasma atau plasma *discharge*. Ozon generator terdiri dari tiga bagian, yaitu elektroda positif yang diberi tegangan tinggi, elektroda negatif (pembumian), dan tabung plasma *discharge* berupa tabung gelas yang dilubangi dua sisinya untuk elektroda inlet dan kedua ujungnya sebagai tempat inlet dan outlet gas (Lubis & Sukardi, 2020).



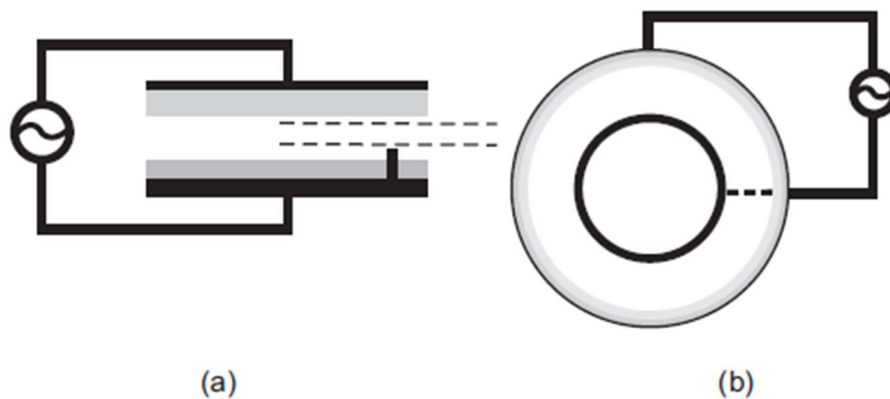
Gambar 2.4 Skema Reaktor Ozon; Gas masuk(1), Gas keluar(2), elektroda Negatif (G), elektroda positif (I), lucutan listrik(3), Lubang tempat masuknya elektroda (4), Aluminium foil (5)  
(Tjahjanto et al., 2012)

### 2.3.1 Lucutan Penghalang Dielektrik (*Dielectric Barrier Discharge*)

Lucutan didefinisikan sebagai aliran arus listrik melalui gas dan proses ionisasi gas yang disebabkan oleh adanya medan listrik. Pelepasan gas dimulai dengan proses ionisasi gas di medan listrik yang kuat, selama ionisasi gas, ion bermuatan positif dan elektron bermuatan negatif tercipta. Masing-masing dari 43

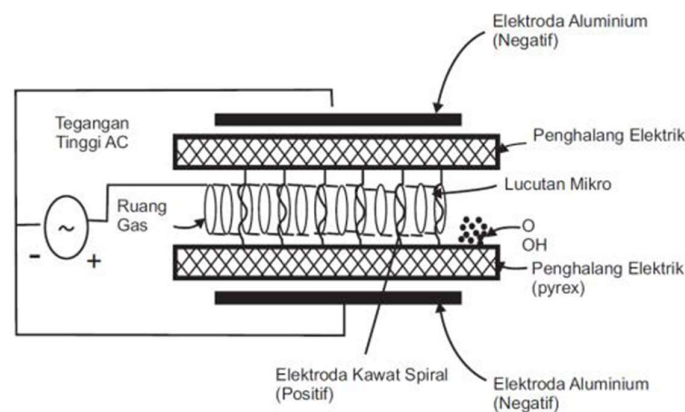
muatan listrik ini bergerak ke elektroda yang sesuai, sehingga muatan listrik mengalir. (Muhammad Nur, 2011, p. 9).

Lucutan plasma berpenghalang dielektrik berbentuk koaksial adalah sistem tertutup. Pelepasan plasma ini terjadi di antara dua elektroda, yaitu elektroda kawat sebagai elektroda aktif dan elektroda terluar (elektroda pasif) yang merupakan pelat aluminium dengan tabung gelas pyrex sebagai penghalang. Ketika tegangan listrik diterapkan ke kedua elektroda ini, mereka membentuk medan listrik yang tidak homogen, muatan ruang dihasilkan sebelum terjadi kerusakan total, dan distribusi medan listrik yang dihasilkan mempengaruhi nilai tegangan tembus. Sistem generator pelepasan plasma penghalang dielektrik menggunakan gas sumber udara bebas tekanan atmosfer sebagai gas umpan. Ozon dihasilkan oleh pelepasan plasma dalam penghalang dielektrik dari gas udara atau gas oksigen murni yang melewati celah antara dua elektroda. (Muhammad Nur, 2011, p. 8).



Gambar 2.5 Bentuk konfigurasi elektroda lucutan plasma penghalang dielektrik, (a) Geometri elektroda tampak samping, (b) Geometri elektroda tampak depan. (Muhammad Nur, 2011, p. 9)

Pada Gambar 2.5 ditunjukkan konfigurasi elektroda dari lucutan plasma penghalang dielektrik dan warna abu-abu menunjukkan bahan dielektrik, dengan karakteristik sebagai berikut: pelepasan plasma penghalang dielektrik beroperasi pada tekanan atmosfer antara elektroda logam, salah satunya dilindungi oleh penghalang dielektrik. Generator arus bolak-balik (AC) bertegangan tinggi menciptakan pelepasan di antara celah elektroda, yang menyebabkan gas terionisasi. Berbagai bahan kaca dan keramik biasa digunakan sebagai bahan pelindung. Pelepasan biasanya terjadi dalam jumlah besar di daerah filamen (100-200  $\mu\text{m}$ ). Pelepasan ini disebabkan oleh penggandaan elektron yang bergerak dari elektroda aktif dan secara bersamaan terakumulasi pada bahan dielektrik yang melindungi elektroda pasif. Aliran muatan pada kecepatan 10-100 ns memungkinkan muatan untuk ditransfer dalam waktu itu. Muatan listrik negatif ini terakumulasi pada permukaan elemen bahan dielektrik sebagai muatan bebas. (Muhammad Nur, 2011, p. 9).



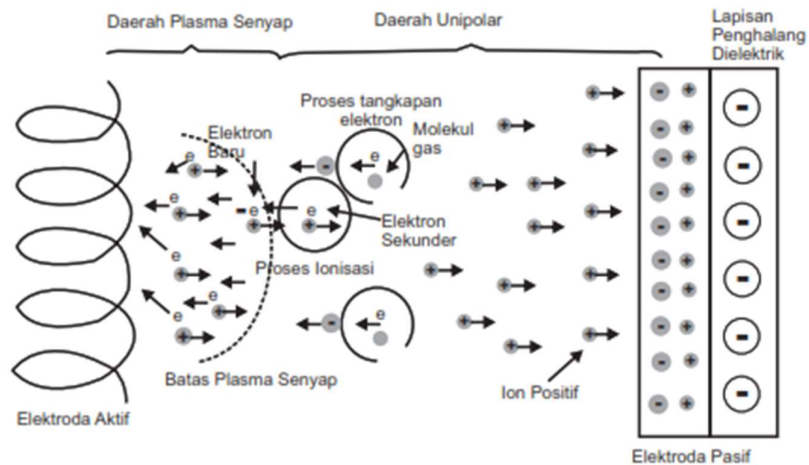
Gambar 2.6 Geometri dari lucutan plasma penghalang dielektrik sehingga terbentuk lucutan mikro  
(Muhammad Nur, 2011, p. 10)

Gambar 2.6 menunjukkan geometri dari lucutan plasma dengan penghalang sehingga terjadi lucutan mikro. Ketika gas terkena medan listrik yang

mampu menyebabkan spesies gas bergerak, elektron yang berenergi mentransfer energinya ke molekul gas melalui tumbukan, eksitasi molekuler, penangkapan elektron, disosiasi, dan ionisasi. Spesies aktif terpenting yang dihasilkan dari proses transfer energi elektron adalah ion, radikal, dan atom tereksitasi.

Dalam medan listrik yang tidak seragam di sekitar elektroda aktif, pelepasan plasma terbentuk dengan penghalang dielektrik, yang dapat mengaktifkan ionisasi di wilayah tersebut dan menghasilkan elektron berenergi tinggi. Gambar 2.7 menunjukkan elektron-elektron yang bergerak menuju elektroda aktif akan menumbuk atom atau partikel di antara celah elektroda dan mengakibatkan atom menjadi ion bermuatan positif. Jika ionisasi terjadi di udara, ion nitrogen dipercepat ke elektroda pasif karena medan yang kuat di antara elektroda. Pergerakan ion ini mengalir melalui daerah aliran. Jika ada atom atau partikel elektronegatif ( $O_2$ ) dalam gas (udara bebas), molekul ini dengan mudah menangkap elektron, membuatnya bermuatan negatif dan mempercepatnya menuju elektroda aktif. Atom atau partikel elektronegatif ( $O_2$ ) tidak terendapkan pada elektroda aktif karena memiliki muatan yang sama. Pada tekanan atmosfer, sejumlah besar arus jangka pendek, yang disebut microdischarge, terjadi pada rakitan elektroda. (Muhammad Nur, 2011, pp. 10–11).





Gambar 2.7 Ilustrasi lucutan plasma penghalang dielektrik.  
(Muhammad Nur, 2011, p. 11)

Lucutan plasma senyap adalah pelepasan plasma yang unik karena merupakan transisi antara pelepasan korona dan pelepasan pijar. Lucutan plasma senyap dengan ruang yang tidak homogen ini menunjukkan bahwa lucutan mikro adalah lucutan terusan tunggal. Pelepasan mikro ini dimulai saat kondisi medan setempat tinggi. Pada akhirnya, pelepasan mikro ini menyebar di bawah pengaruh medan listrik. Pelepasan mikro biasanya memiliki masa pakai yang sangat singkat, kurang dari 100 nanodetik. Diameter kawat dan waktu efektif tergantung pada sumber gas yang digunakan dan tekanan dalam reaktor. Arus mengalir seluruhnya di dalam filamen. Pertukaran energi terjadi antara elektron dan molekul yang dipercepat baik di dalam maupun di luar pelepasan mikro. Elektron berenergi tinggi bertabrakan dengan atom atau molekul dan mengubah energi kinetiknya menjadi energi ionisasi untuk menghasilkan spesies tereksitasi. Karena energi elektron yang tinggi, konversi energi sangat efisien, dengan lebih dari 90% masuk ke energi kinetik elektron. Dari arus microdischarge, spesies yang paling banyak berinteraksi dengan aliran gas membentuk spesies baru. Sebagai contoh, O dihasilkan di permukaan elektroda aktif yang bereaksi dengan

O<sub>2</sub> di sekitar elektroda aktif untuk membentuk O<sub>3</sub>. Pada tekanan yang lebih rendah, terdapat transisi kontinu dari struktur filamen pada lucutan plasma senyap (*Silent Discharge Plasma*) menjadi lebih tersebar, yang menunjukkan *Normal Glow Discharge* (Muhammad Nur, 2011, p. 11).

Keuntungan menggunakan *Dielectric Barrier Discharge* (DBD) adalah dapat disesuaikan dengan berbagai bentuk dan ukuran dengan elektroda bebas dan konfigurasi dielektrik, sehingga sangat mudah beradaptasi dengan aplikasi tertentu (Schulz & Merli, 2013). Jika dibandingkan dengan korona positif berdenyut dan *electro beam treatment*, DBD memiliki keunggulan unit catu daya yang lebih mudah ditingkatkan dan lebih sederhana. Mekanisme *micro discharge* yang aktif di DBD, di sisi lain, bersifat *self-terminating* dan bekerja pada rentang frekuensi suplai yang besar dengan tegangan atau bentuk arus yang berbeda. Akibatnya, remediasi plasma non-termal dari polutan udara menggunakan pelepasan penghalang dielektrik telah menjadi teknologi yang berkembang pesat dan menjanjikan (Kogelschatz et al., 1997).

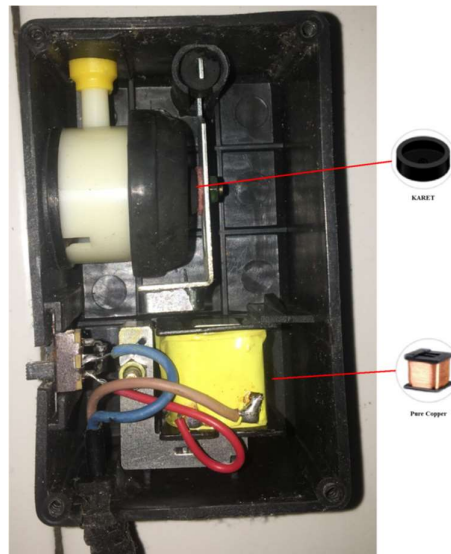
#### **2.4 Aerator (Pompa Udara)**

Aerator adalah alat untuk membantu melarutkan oksigen yang ada di udara ke dalam air atau aquarium. Prinsip kerja alat ini adalah membuat permukaan air sebanyak mungkin bersentuhan dengan udara. Tujuannya adalah agar kandungan oksigen dalam air itu cukup dan gas serta kotoran yang biasanya menimbulkan busuk dapat terusir dari air (Habib, 2018).



Gambar 2.8 Aerator  
(Habib, 2018)

Komponen aerator dapat dilihat berikut ini :



Gambar 2.9 Komponen Aerator

1. Lilitan kawat yang terhubung dengan besi
2. Pompa yang terhubung dengan magnet permanen

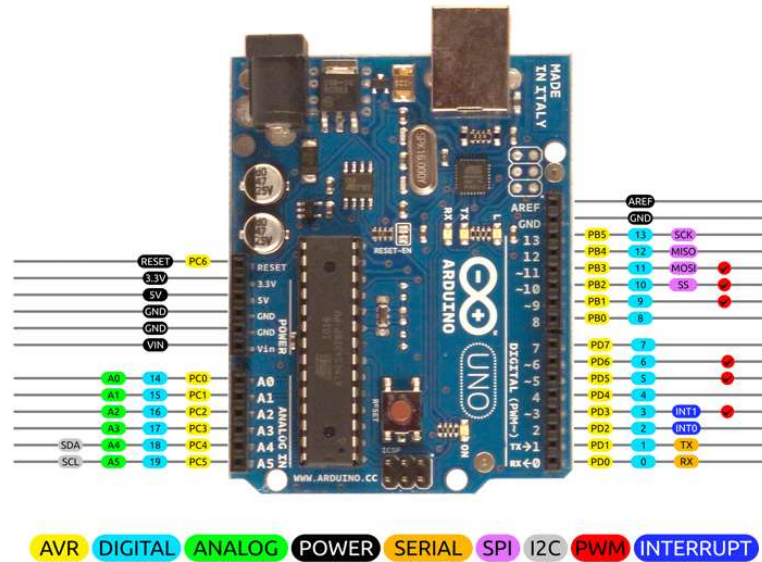
Prinsip kerja dari aerator adalah ketika terdapat tegangan akan menimbulkan medan elektromagnetik pada besi yang terhubung dengan kumparan kawat, sehingga pompa yang terhubung dengan magnet permanen akan bergerak.

## **2.5 Mikrokontroler**

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil yang dikemas dalam bentuk chip IC (Integrated Circuit) dan dirancang untuk melakukan tugas atau operasi tertentu. Pada dasarnya, sebuah IC Mikrokontroler terdiri dari satu atau lebih Inti Prosesor (CPU), Memori (RAM dan ROM) serta perangkat I/O yang dapat diprogram. Penggunaan mikrokontroler ini umumnya diaplikasikan pada perangkat yang membutuhkan pengendali otomatis seperti pengontrol mesin mobil, perangkat medis di rumah sakit, dan juga peralatan elektronika lainnya yang dimana mikrokontroler ini hanya akan berfungsi jika didalamnya telah diisi dengan sebuah program perintah tertentu (Maariz, 2021).

Mikrokontroler pertama kali dikenalkan oleh Texas Instrument dengan seri TMS 1000 pada tahun 1974 yang merupakan mikrokontroler 4 bit pertama. Mikrokontroler ini mulai dibuat sejak 1971, yang merupakan mikrokomputer dalam sebuah chip lengkap dengan RAM dan ROM. Kemudian pada tahun 1976 Intel mengeluarkan mikrokontroler yang kelak menjadi populer dengan nama 8748 yang merupakan mikrokontroler 8 bit, yang merupakan mikrokontroler dari keluarga MCS 48. Saat ini, mikrokontroler yang banyak beredar di pasaran adalah mikrokontroler 8 bit varian keluarga MCS51 (CISC) yang dikeluarkan oleh Atmel dengan seri AT89Sxx, dan mikrokontroler AVR yang merupakan mikrokontroler RISC dengan seri ATMEGA8535 (walaupun varian dari mikrokontroler AVR sangatlah banyak, dengan masing-masing memiliki fitur yang berbeda-beda) (Syahwil, 2013, p. 53).

## **2.6 Arduino UNO**

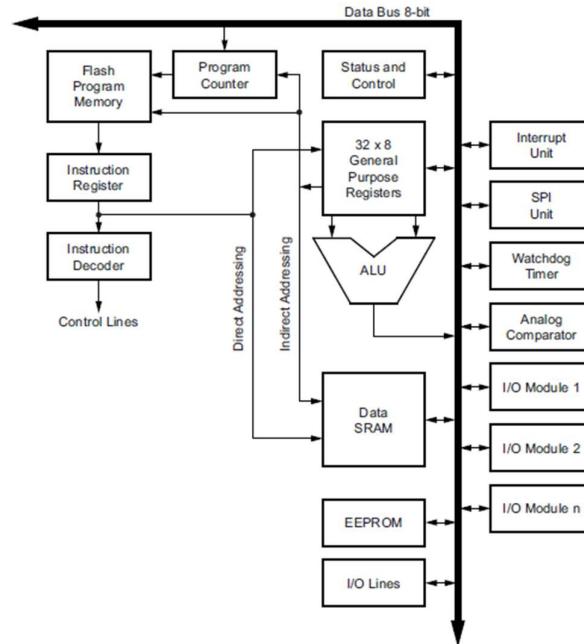


Gambar 2.10 Arduino UNO  
(Sudhan et al., 2015)

Arduino merupakan platform elektronik *open source* yang didasarkan pada perangkat keras dan lunak yang mudah digunakan. Board arduino dapat membaca input sensor, tombol atau berupa sebuah instruksi pesan dan mengubahnya menjadi sebuah output seperti mengaktifkan motor, menyalakan LED, dan menampilkan data sensor secara online. Program dapat di perintah sesuai apa yang diinginkan. *Software* yang digunakan dalam pemrogramannya yaitu *Arduino Integrated Development Environment (IDE)*. Arduino IDE merupakan aplikasi bawaan dari Arduino yang disebut juga sebagai *sketches* yang digunakan untuk membuat program atau mengedit program. *Sketch* tersebut merupakan kode yang berisi logika, dan algoritma yang akan diupload ke dalam IC mikrokontroler Arduino sehingga dari program yang dibuat pada *sketch* tersebut Arduino menjalankan perintahnya. Perbedaan Arduino Uno dengan Arduino lainnya adalah pada penggunaan chip khusus sebagai driver FTDI USB-to-serial (Chobir et al., 2017).

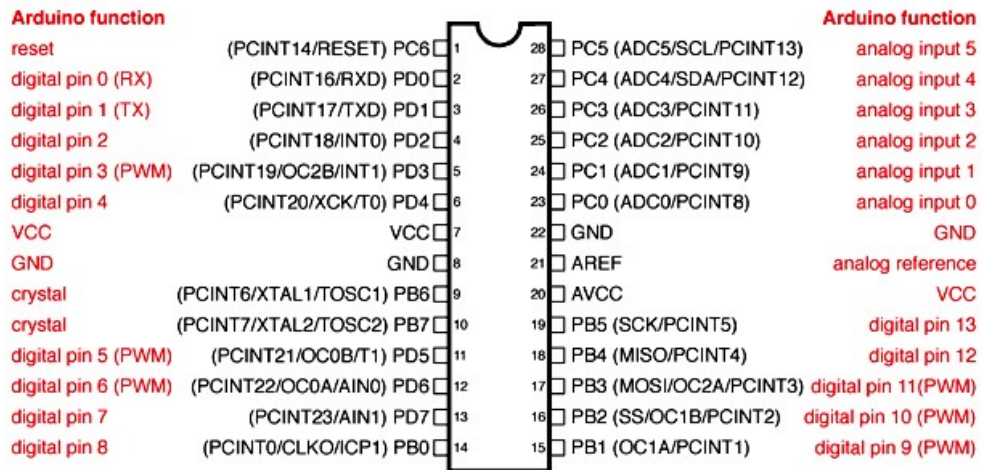
Kelebihan arduino dibandingkan dengan board mikrokontroler lain yaitu selain open source juga mempunyai bahasa program sendiri, dalam board arduino terdapat loader USB yang akan memudahkan untuk memprogram mikrokontroler di dalam arduino. Beberapa loader ada yang masih menggunakan loader terpisah untuk memasukan program ketika memprogram mikrokontroler. Fungsi lain port USB tersebut juga bisa digunakan untuk komunikasi serial (Novaria, 2017) .

Mikrokontroler yang terdapat pada arduino uno merupakan AVR seri ATmega 328 produk asal atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) menggunakan arsitektur ini pemrosesan data lebih cepat dibandingkan arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*), selain itu ATmega 328 mempunyai arsitektur Harvard, arsitektur ini bisa memisahkan memori program dengan memori data sehingga dengan begitu bisa lebih memaksimalkan kerja. Instruksi memori program diproses dengan satu alur tunggal, yang dimana waktu satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil asal memori program. Konsep ini memungkinkan intruksi-intruksi bisa dieksekusi pada satu siklus clock. Setiap memori program terdiri dari instruksi 16-bit atau 32-bit (Pertiwi Kristin, 2016).



Gambar 2.11 Arsitektur ATmega328  
(Corporation, 2015)

ATmega328 terdiri dari 28 pin. Untuk mempermudah penjelasan pin dapat dilihat dari gambar 2.11 berikut.



Digital Pins 11, 12 & 13 are used by the ICSP header for MOSI, MISO, SCK connections (Atmega168 pins 17, 18 & 19). Avoid low-impedance loads on these pins when using the ICSP header.

Gambar 2.12 Pinout ATmega328  
(Sudhan et al., 2015)

Dari Gambar 2.12, Input analog dapat direpresentasikan sebagai PC0 ke PC5. Pin input analog ini memiliki sinyal waktu kontinyu yang bertindak sebagai input analog untuk sistem. Selanjutnya juga terdiri dari 12 input digital, ini dapat direpresentasikan sebagai PD1 hingga PD11 yang bertindak sebagai port input digital berdasarkan modulasi lebar pulsa (PWM). PWM ini, yang mentransmisikan sinyal dalam bentuk bentuk yang didiskreditkan. Port input analog dan digital dapat digunakan untuk berbagai aplikasi untuk catu daya input, pin VCC dan GND digunakan. Pin PB6 dan PB7, yang bertindak sebagai kristal untuk menghasilkan sinyal clock. Dengan menggunakan kristal ini, kita dapat menghasilkan sinyal clock dan dengan sinyal clock ini, kita dapat menggunakan sinyal clock ini untuk sumber input. Pin PC6 adalah pin yang dapat digunakan untuk opsi reset. Reset program dapat dilakukan dengan menggunakan pin PC6 ini (Sudhan et al., 2015).

Pada Tabel 2.1 berikut merupakan Spesifikasi Arduino UNO

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino UNO

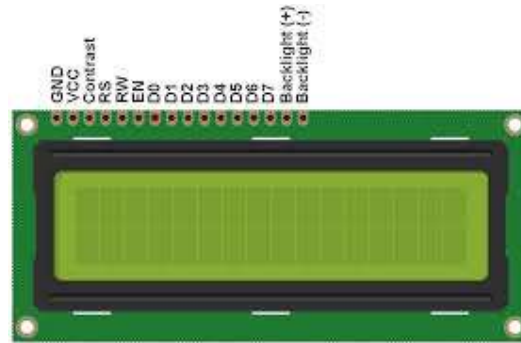
Mikrokontroler	: ATmega328
Tegangan sumber	: 5 Volt
Input tegangan yang direkomendasikan	: 6-20 Volt
Pin I/O digital	: 14 pin
Pin analog	: 6 pin
Arus DC per pin I/O	: 40 Ma
Arus DC untuk 3.3V	: 50 Ma
<i>Flash memory</i>	: 32 KB, 0,5 KB untuk bootloader
SRAM	: 2 KB
EEPROM	: 1 KB
<i>Clock speed</i>	: 16 MHz
Panjang	: 68.6 mm
Lebar	: 53,4 mm



## 2.7 LCD (Liquid Crystal Display) 16x2

*LCD (Liquid Crystal Display)* atau Display Kristal Cair adalah suatu jenis media display/tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. *LCD 16x2* terdiri dari 16 kolom dan 2 baris karakter (tulisan). LCD dapat berfungsi untuk menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler (Veronika Simbar & Syahrin, 2017).

Modul *LCD* yang dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol *I2C/IIC (Inter Integrated Circuit)* atau *TWI (Two Wire Interface)*. Normalnya, modul LCD dikendalikan secara paralel baik untuk jalur data maupun kontrolnya.



Gambar 2.13 *LCD 16x2*

Adapun konfigurasi kaki pin dari *LCD I2C 16x2*, dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 Pin dan fungsi *LCD 16x2*  
(Data & Ratings, 2016)

<i>Pin</i>	<i>Symbol</i>	<i>Function</i>
1	Vss	GND
2	Vdd	+3V / +5V
3	Vo	<i>Contrast Adjustment</i>
4	RS	<i>H/L Register Select Signal</i>
5	RW	<i>H/L Read/Write Signal</i>
6	E	<i>H→Enable Signal</i>
7	DB0	<i>H/L Data Bus Line</i>
8	DB1	<i>H/L Data Bus Line</i>

<i>Pin</i>	<i>Symbol</i>	<i>Function</i>
9	DB2	<i>H/L Data Bus Line</i>
10	DB3	<i>H/L Data Bus Line</i>
11	DB4	<i>H/L Data Bus Line</i>
12	DB5	<i>H/L Data Bus Line</i>
13	DB6	<i>H/L Data Bus Line</i>
14	DB7	<i>H/L Data Bus Line</i>
15	A	<i>+4.2V for LED/ Negative Voltage Output</i>
16	K	<i>Power Supply for B/L (0V)</i>

Penjelasan dari pin-pin *LCD* dapat diterangkan sebagai berikut :

1. Pin 1 dan 2

Pin 1 dan 2 merupakan sambungan catu daya. Pin Vdd dihubungkan dengan tegangan positif catu daya, dan Vss pada 0V atau *ground*. Tegangan yang dihubungkan maksimal 5.5Vdc, beberapa modul bahkan dapat beroperasi dengan tegangan 3Vdc.

2. Pin 3

Pin 3 merupakan pin kontrol Vee, yang digunakan untuk mengatur kontras *display*. Idealnya pin ini dihubungkan dengan tegangan yang bisa diubah untuk memungkinkan pengaturan terhadap tingkatan kontras *display* sesuai dengan kebutuhan, pin ini dapat dihubungkan dengan *variable resistor* sebagai pengatur kontras.

3. Pin 4

Pin 4 merupakan *Register Select* (RS), masukan yang pertama dari tiga *command control input*. Dengan membuat RS menjadi *high*, data karakter dapat ditransfer dari dan menuju modulnya

4. Pin 5

*Read/Write (R/W)*, untuk memfungsikan sebagai perintah *write* maka R/W *low* atau menulis karakter ke modul. R/W *high* untuk membaca data karakter atau informasi status dari *register*-nya.

5. Pin 6

*Enable (E)*, input ini digunakan untuk transfer aktual dari perintah-perintah atau karakter antara modul dengan hubungan data. Ketika menulis ke *display*, data ditransfer hanya pada perpindahan *high* atau *low*. Tetapi ketika membaca dari *display*, data akan menjadi lebih cepat tersedia setelah perpindahan dari *low* ke *high* dan tetap tersedia hingga sinyal *low* lagi.

6. Pin 7-14

Pin 7 sampai 14 adalah delapan jalur data/data bus (D0 sampai D7) dimana data dapat ditransfer ke dan dari *display*.

7. Pin 16

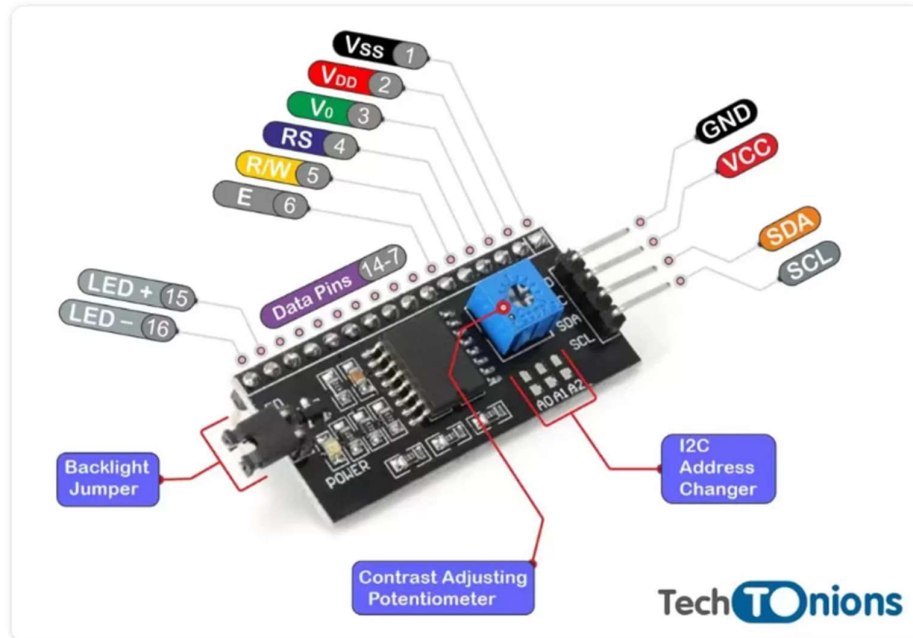
Pin 16 dihubungkan ke dalam tegangan 5 V untuk memberi tegangan dan menghidupkan lampu latar atau *Backlight LCD*.

Pengalamatan layar *LCD* dimulai ketika modul *LCD* dihidupkan, karakter kursor pada layar *LCD* ditempatkan di awal baris pertama (alamat 00H). Setiap kali sebuah karakter dimasukkan, kursor berpindah ke alamat berikutnya 01H, 02H, dan seterusnya. Alamat awal baru pindah ke alamat berikutnya, itu harus dimasukkan sebagai perintah. Saat mengirim perintah untuk mengatur alamat tampilan, nilainya adalah 80H. Dengan dua baris karakter, baris pertama karakter dimulai di alamat 00H dan baris kedua di alamat 40H. Ruang memori layar LCD 16x2 ditunjukkan pada Gambar 2.14.

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

Gambar 2.14 Pengalamatan LCD  
(Data & Ratings, 2016)

### 2.7.1 Module I2C LCD



Gambar 2.15 Module I2C LCD  
Sumber : <https://www.techtonions.com/>

Modul I2C adalah standar komunikasi serial 2 arah menggunakan 2 saluran yang dirancang khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) serta SDA (*Serial Data*) yang membawa info data antara I2C menggunakan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C Bus dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*. *Master* artinya piranti yang memulai *transfer* data pada I2C Bus dengan membentuk sinyal *Start*, mengakhiri *transfer* data menggunakan membentuk sinyal *Stop*, serta membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamati *master* (Atmoko et al., 2015).

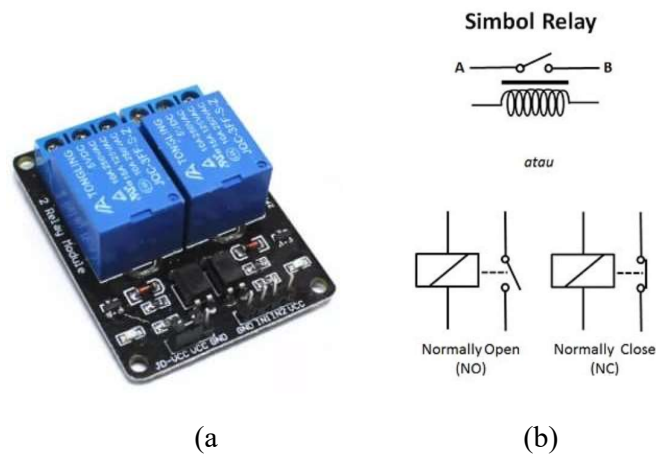
Adapun spesifikasi dari Modul I2C LCD, dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut ini :

Tabel 2.3 Spesifikasi Modul I2C LCD

No	Nama	Spesifikasi
1	Tegangan kerja	VCC, GND, DO, AO
2		Mendukung protokol I2C, coding lebih singkat
3		Dilengkapi Trimpot pengatur lampu dan kontras layar
4		Hanya 4 pin utk pengendalian (SDA, SCL, VCC dan GND)
5	<i>Device address</i>	0x27 atau 03xF
6		Dapat digunakan untuk LCD 16x2 ataupun 20x4
7	Ukuran	41.5x19x15.3mm

## 2.8 Relay

*Relay* adalah *Switch* yang digunakan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanik yang mempunyai 2 komponen yaitu *coil* dan seperangkat kotak saklar atau *switch*. Prinsip kerja *relay* elektromagnetik adalah untuk menggerakkan saklar, maka arus listrik dengan daya rendah bisa menghantarkan listrik yang lebih tinggi (Saleh & Haryanti, 2017).

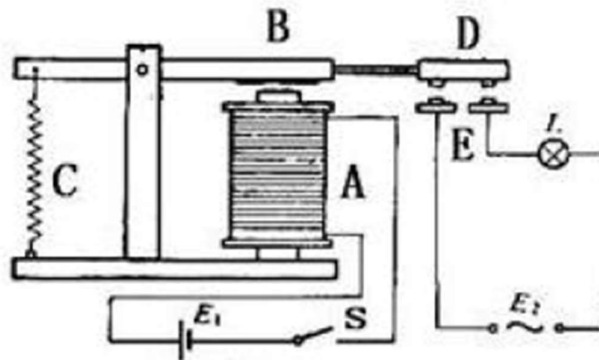


Gambar 2.16 (a) Relay , (b) Simbol Relay  
(Kho, 2017)

Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan relay yang menggunakan elektromagnet 5 Volt dan 50 mA mampu menggerakkan *armature* relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A (Kho, 2017).

Pada dasarnya, relay terdiri dari empat komponen dasar, yaitu :

1. Electromagnet (*coil*)
2. *Armature*
3. *Switch contact point* (saklar)
4. *Spring*



Gambar 2.17 Prinsip kerja Relay  
(Handson Technology, 2005)

Prinsip kerja dari relay dapat dilihat dari Gambar 2.17, sebuah besi (*iron core*) yang dililit oleh sebuah kumparan *coil* yang berfungsi untuk mengendalikan besi tersebut. Apabila kumparan *coil* diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet yang kemudian menarik *armature* untuk berpindah dari posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana *armature*

tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi open atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, armature akan kembali lagi ke posisi awal (NC). Coil yang membutuhkan arus listrik yang relatif kecil (Kho, 2017).

Kontak poin (*contact point*) relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

1. *Normally close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi close (tertutup).
2. *Normally open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi open (terbuka).

Suplai tegangan ke koil dan beberapa arus akan melewati koil sehingga menimbulkan efek elektromagnetik. Penutupan dan pelepasan kontak menghasilkan daya hidup dan mati sirkuit.

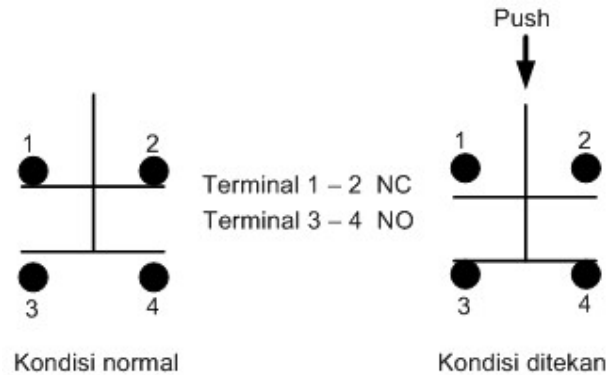
Spesifikasi *relay* dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut ini :

Tabel 2.4 Spesifikasi *Relay*

No	Nama	Spesifikasi
1	Tegangan kerja	3.3VDC
2	Arus supply	144 mA
3	Beban yang dapat dikontrol	10A 250 VAC – 10 A 30 VDC

## 2.9 *Push Button*

*Push button* adalah saklar tekan yang berfungsi sebagai pemutus atau penyambung arus listrik dari sumber ke beban listrik. Saklar akan bekerja sebagai *device* penghubung atau pemutus aliran arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol tidak ditekan (dilepas), maka saklar akan kembali pada kondisi normal. Sebagai *device* penghubung atau pemutus, *push button switch* hanya memiliki 2 kondisi, yaitu On dan Off (1 dan 0) (Riski, 2019).

Gambar 2.18 *Push button*

Dari fungsi kerjanya yang menghubungkan dan memutuskan, *push button* terbagi ke dalam 2 jenis, dapat dilihat dari tabel 2.5.

Tabel 2.5 Tipe push button  
(Sudaryana, 2015)

Jenis	Penjelasan
Tipe <i>Normally Open</i> (NO)	Kondisi dimana kontak terminalnya terbuka sehingga arus listrik tidak mengalir. Ketika tombol saklar ditekan maka kontak NO akan menutup atau <i>close</i> sehingga alur listrik mengalir. Tombol saklar ini disebut juga tombol <i>start</i> .
Tipe <i>Normally Closed</i> (NC)	Tombol ini disebut juga dengan tombol stop karena kontak akan membuka bila ditekan dan kembali tertutup bila dilepaskan. Kontak bergerak akan lepas dari kontak tetap sehingga arus listrik akan terputus.
Tipe NC dan NO	Tipe ini kontak memiliki 4 buah terminal , sehingga bila tombol tidak ditekan maka sepasang kontak akan NC dan kontak lain akan NO, sebaliknya bila tombol ditekan maka kontak NC akan membuka dan kontak NO akan menutup.

### 2.10 Sensor Gas Ozon MQ-131

Sensor MQ-131 merupakan sensor dengan kepekaan yang sangat tinggi terhadap partikulat Ozon ( $O_3$ ). Sensor MQ-131 memiliki resistor variabel bawaan yang mengubah nilainya sesuai dengan konsentrasi gas. Jika konsentrasinya



tinggi, resistansi menurun. Jika konsentrasi rendah, resistensi meningkat. Selain resistor bawaan, diperlukan resistor beban yang berfungsi untuk menyesuaikan sensitivitas dan akurasi sensor. Nilainya dapat berkisar dari 2k Ohm hingga 47k. Kemudian ada resistor bawaan lain yang digunakan untuk heater sensor. Heater digunakan untuk mengatur suhu yang dibutuhkan sensor agar bekerja dengan baik (Pranatha, 2020).



Gambar 2.19 Sensor MQ-131

Sensor MQ-131 ini cocok mendeteksi gas ozon dengan jangkauan pendeteksian mulai dari 10 *ppb* (*part per billion*) hingga 2 *ppm* (*part per million*), Struktur dan konfigurasi sensor gas MQ-131 Pertama adalah material sensor yaitu *tin dioxide* ( $\text{SnO}_2$ ). MQ-131 memiliki 6 pin, 4 pin yang digunakan untuk mengambil sinyal, dan 2 pin digunakan untuk memberikan pemanasan material sensor. Fitur dari sensor gas MQ-131 ini adalah mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap Ozon ( $\text{O}_3$ ), stabil, dan berumur panjang.

Tabel 2.6 Spesifikasi Sensor MQ-131

No	Nama	Spesifikasi
1	Tegangan kerja	5 VDC
2	Rentang konstrentrasi	10 ppb – 2 ppm

## 2.11 Wattmeter Digital



Gambar 2.20 Wattmeter Digital

Wattmeter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur daya yang terdapat pada suatu komponen elektronika. Wattmeter ini mengukur daya listrik suatu beban yang beroperasi pada suatu sistem kelistrikan dengan kondisi beban yang berbeda seperti beban DC, beban AC satu fasa, dan beban AC tiga fasa. Wattmeter adalah alat untuk mengukur daya listrik yang dibaca dalam watt, yang merupakan gabungan dari voltmeter dan amperemeter (Kuswanto, 2010).

## 2.12 Ozon Analyzer



Gambar 2.21 Ozon Analyzer

Ozon *analyzer* adalah peralatan pengambilan sampel otomatis yang digunakan untuk mengukur konsentrasi ozon yang berada di udara sekeliling.

Berikut ini adalah tabel spesifikasi dari ozon *analyzer* :

Tabel 2.7 Spesifikasi Ozon *Analyzer*

<i>Model Name</i>	DM509-O3
<i>Gas Detected</i>	Ozon (O <sub>3</sub> )
<i>Measurement Length</i>	0 – 5.00 ppm
<i>Precision</i>	0.001 ppm
<i>Sampling Time</i>	1.5 seconds
<i>Accuracy</i>	± 1% F.S
<i>Test temperature</i>	0.0-100.0°C
<i>Screen</i>	320x240 pixels LCD screen
<i>Size/Weight</i>	64*74*26mm/500g

### 2.13 Susut Bobot

Susut bobot merupakan proses penurunan bobot buah akibat proses respirasi dan transpirasi. Air, gas dan energi yang dihasilkan pada proses respirasi akan mengalami penguapan sehingga buah akan mengalami penyusutan bobot (Wills et al., 1981).

Pengukuran susut bobot dilakukan dengan membandingkan selisih bobot sebelum penyimpanan dan sesudah penyimpanan. Menurut (Gardjito & Wardana, 2003) susut bobot dapat dicari persentasenya dengan rumus :

$$\%Susut\ Bobot = \frac{Bobot\ awal - bobot\ akhir}{Bobot\ awal} \times 100\% \quad (2.1)$$

Menurut Muhtahdi Tien, Sugiyono (2011), kehilangan air pada produk segar juga dapat menurunkan mutu dan menimbulkan kerusakan. Dampak dari susut berat secara kualitatif yaitu penampilan buah/sayuran menurun, perubahan tekstur yang menjadi lunak, hilangnya kerenyahan dan kandungan air.

## 2.14 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Menurut Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dalam keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup no. 35 tahun 1997 pencemaran udara diklasifikasikan sebagai berikut.

Tabel 2.8 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Kategori	Rentang	Penjelasan
Baik	0 - 50	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan ataupun nilai estetika.
Sedang	51- 100	Tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif, dan nilai estetika.
Tidak sehat	101 – 199	Tingkat udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.
Sangat tidak sehat	200 – 299	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
Berbahaya	300 - lebih	Tingkat kualitas udara yang berbahaya secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi.

## 2.15 Perhitungan Persentase Error dan Akurasi

Keakuratan dalam sebuah aktivitas peramalan merupakan suatu hal yang sangat diperlukan, karena dalam sebuah pengujian yang dilakukan terdapat tolak ukur atau uji kelayakan hasil dari penelitian yang sudah dilakukan. Adapun langkah diambil untuk mengevaluasi hasil peramalan yaitu dengan metode *Mean Absolute Percentage Error*.

Metode *Mean Absolute Percentage Error* atau biasa disingkat MAPE bekerja dengan cara menghitung selisih antara data asli dengan data ramalan. Setelah itu, hasil perbandingan tersebut bersifat mutlak dan kemudian diubah

menjadi persentase dari data aslinya. Hasil dari persentase tersebut menghasilkan nilai rata-rata. Dikutip dari Kim & Kim (2016) rumus MAPE dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

1. PE (*Percentage Error*)

Perhitungan persentase kesalahan ialah dengan cara nilai dari data aktual dikurangi nilai hasil peramalan, dan dibagi jumlah data aktual kemudian dikali 100.

$$PE = \left( \frac{X_t - F_t}{X_t} \right) \times 100\% \quad (2.2)$$

2. APE (*Absolute Percentage Error*)

APE adalah nilai yang bersifat absolut atau hasil pembulatan dari PE, yang dimaksud disini adalah hasil dari nilai PE yang jika semula bernilai negatif akan diubah menjadi nilai positif.

$$APE = |PE| \quad (2.3)$$

3. MPE (*Mean Percentage Error*)

MPE atau biasa disebut dengan rata-rata kesalahan yang didapatkan dari total jumlah PE dari seluruh percobaan dibagi dengan total percobaan.

$$MPE = \sum_{t=1}^n \frac{PE}{n} \quad (2.4)$$

4. MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

MAPE juga merupakan nilai absolut dari MPE serta menunjukkan hasil rata-rata dari seluruh tingkat kesalahan atau perbedaan antara data aktual dengan data hasil peramalan.

$$MAPE = \sum_{t=1}^n \frac{APE}{n} \quad (2.5)$$

## 2.16 Referensi Pembuatan Program

Pembuatan program jenis buah mengacu pada penelitian terdahulu, dapat dilihat dari Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Referensi Pembuatan Program

Buah / Sayuran	Perlakuan	Hasil Fisiologis	Hasil Mikrobiologis	Referensi
Strawberry	Ozon terlarut dalam air (0,8 ppm) selama 12 menit	Memperpanjang masa simpan dan mencegah pembusukan.	Dalam penelitian ini, khasiat ozon mampu menurunkan <i>CFU</i> jamur dan bakteri secara signifikan.	Thaer et al., 2013
Apel	Ozon terlarut dalam air (1 ppm) selama 10 menit	Berdasarkan penelitian yang dilakukan, telah ditemukan bahwa penerapan proses ozonasi pada kondisi yang diusulkan pada 10 menit dapat meningkatkan kualitas dan daya simpan buah apel.		Balawejder et al., 2021
Anggur	Ozon terlarut dalam air (2 ppm) selama 4 menit	Meningkatkan kualitas tampak dari anggur.	Mengurangi populasi mikrobiologi yang terdapat pada kulit anggur.	Silveira et al., 2018