

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Tanaman

Tanaman merupakan salah satu makhluk hidup yang membutuhkan air dan tanah yang subur sebagai salah satu syarat agar dapat bertumbuh kembang dengan baik. Salah satu kebutuhan untuk tanaman adalah air yang memiliki beberapa fungsi untuk kehidupan tanaman diantaranya sebagai komponen dalam proses fotosintesis dan transpirasi pada tanaman, banyaknya energi pada proses fotosintesis menyebabkan kebutuhan air pada tanaman menjadi tinggi. Tingkat kesuburan tanaman dapat dipengaruhi dengan intensitas air yang dikandungnya. Namun saat ini dalam kegiatan pertanian terkadang petani kesulitan pada saat waktu penyiraman karena harus dilakukan dengan cara yang manual yang kurang efisien sehingga sangat banyak membuang waktu.

1.1.1 Tanaman Tomat

Tanaman tomat merupakan tanaman yang bisa tumbuh baik dimusim kemarau dimana tidak banyak air. Untuk merawat tanaman ini perlu diperhatikan pemberian air agar tidak kurang atau berlebihan yang akan mengakibatkan tanaman akan mengalami penurunan proses fisiologi dan fotosintesis yang akhirnya mempengaruhi produksi dan kualitas buahnya. Proses pemberian air akan besar hubungannya dengan tingkat ketersediaan air dalam tanah. Air yang tersedia dalam tanah akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan tanaman akan semakin baik dengan penambahan jumlah air, namun terdapat batasan maksimum dan minimum dalam jumlah air [4].



Gambar 2.1 Tanaman Tomat
(Sumber: www.sehatq.com)

1.1.2 Tanaman Kaktus

Kaktus merupakan tumbuhan hijau yang dapat berkembang cukup bertahan lama tanpa adanya air tergolong jenis sukulen. Tanaman ini adalah salah satu tanaman hias yang disukai banyak orang karena unik. Tanaman kaktus dikenal tanaman yang sukulen, karena berada di gurun dapat menyimpan persediaan air di batangnya, keadaan batang membuatnya siap untuk berkembang cukup lama tanpa air. Saat dirumah, penyiraman harus dimungkinkan sebulan sekali dengan mengandalkan kelembaban ruangan. Namun, dengan asumsi tanaman ini diletakkan diluar, disiram setiap beberapa hari. Jika tanah suhu menunjukkan suhu 0° - 40° C, nilai tanah kering, suhu 40° - 70° C menunjukkan nilai tanah lembab, dan suhu 70° - 100° C menunjukkan nilai tanah basah. Kebanyakan orang masih meremehkan dalam merawat. Orang mengira tanaman kaktus dapat bertahan hidup tanpa adanya air. Tetapi beda hal jika kaktus ada di wadah lebih banyak dalam membutuhkan penyiraman dari pada yang ditanam di tanah [5].



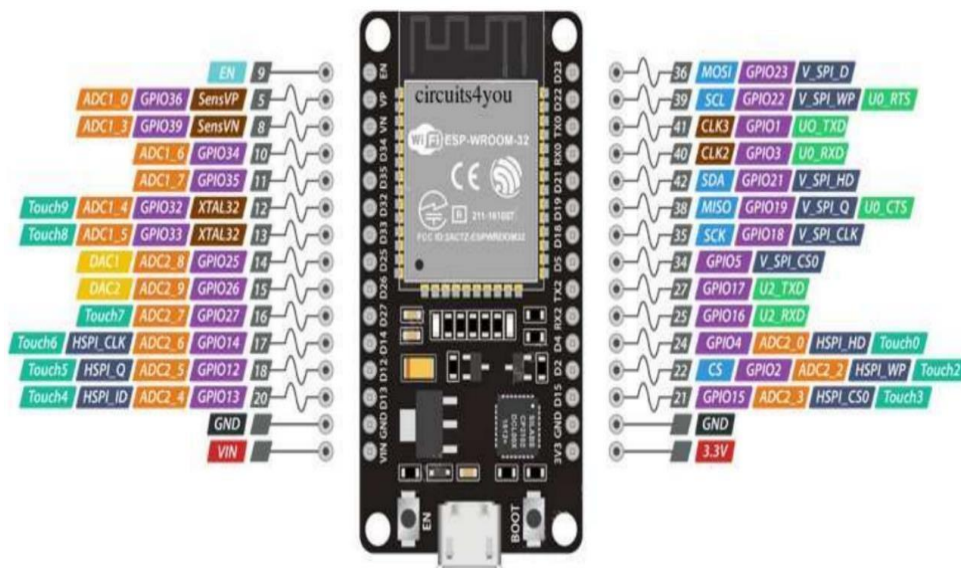
Gambar 2.2 Tanaman Kaktus
(Sumber: www.pngtree.com)

2.2 Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah salah satu mikrokontroler yang terintegrasi dengan internet melalui Wi-Fi dan *Bluetooth*. Mikrokontroler merupakan suatu pengendali atau pusat dari rangkaian elektronik dalam sebuah sistem tertentu. Didalam mikrokontroler ini didalamnya terdapat inti prosesor, memori, regulator tegangan, *port* USB tipe B, led, serta *pin input* dan *output*. Nantinya sensor-sensor, relay, dan komponen lainnya akan dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 melalui *pin input output* ini. Mikrokontroler ini dapat terhubung dengan internet, sehingga dapat menjadi pusat dari sistem *internet of things*. Mikrokontroler ini dalam

operasinya memiliki tegangan 3.3 Volt, sehingga untuk perangkat masukan dan keluaran yang beroperasi dengan tegangan 5 Volt harus dilakukan konversi logika. ESP32 memiliki 12 bit masukan *Analog Digital Converter* berjumlah 12 masukan [6].

Berikut merupakan penjelasan posisi pin-pin dari ESP32 yang ditunjukkan pada gambar 2.3 dan deskripsi pin yang ditunjukkan pada tabel 2.1.



Gambar 2.3 Pin ESP32
(Sumber: www.ardutech.com)

Tabel 2.1 Deskripsi Pin ESP32

Pin	Nama Pin	Detail
<i>Power</i>	<i>Micro-USB, 3.3V, 5V, GND</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Micro-USB</i> ESP32 dapat diaktifkan melalui port USB. - <i>5V</i>: 5V yang diatur dapat dipasang ke pin ini yang kita atur lagi ke 3.3V oleh regulator papan, untuk member daya pada papan. - <i>3.3V</i>: 3.3V yang diatur dapat dipasang ke pin ini untuk member daya pada papan. - <i>GND</i>: Pin <i>Ground</i>.
<i>Enable</i>	En	Pin dan tombol mengatur ulang mikrokontroler.

<i>Analog Pins</i>	ADC1_0 to ADC1_5 and ADC2_0 to ADC2_9	Digunakan untuk mengukur tegangan analog di kisaran 0-3.3V. 12-bit 18 Channel ADC.
<i>DAC pins</i>	DAC1 and DAC2	Digunakan untuk Konversi Digital ke analog
<i>Input/Output Pins</i>	GPIO0 to GPIO39	Total 39 pin GPIO, dapat digunakan sebagai pin input atau output. 0V (rendah) dan 3.3V (tinggi). Tapi pin 34 sampai 39 bisa digunakan sebagai input saja.
<i>Capacitive Touch Pins</i>	T0 to T9	10 pin ini dapat digunakan sebagai pin sentuh yang biasanya digunakan untuk bantalan kapasitif.
<i>RTC GPIO Pins</i>	RTCIO0 to RTCIO17	18 pin GPIO ini dapat digunakan untuk membangunkan ESP32 dari mode tidur.
<i>Serial</i>	Rx,Tx	Digunakan untuk menerima dan mengirimkan data serial TTL.
<i>External Interrupts</i>	All GPIO	GPIO apa pun dapat digunakan untuk memicu interupsi.
<i>PWM</i>	All GPIO	16 saluran independen tersedia untuk PWM GPIO apa pun dapat dibuat berfungsi sebagai PWM melalui perangkat lunak.
<i>VSPI</i>	GPIO23 (MOSI), GPIO19(MISO), GPIO18(CLK) and GPIO5(CS)	Digunakan untuk komunikasi SPI-1.
<i>HSPI</i>	GPIO13 (MOSI), GPIO12 (MISO),	Digunakan untuk komunikasi SPI-2.

2.3 Sensor

Sensor adalah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi perubahan besaran fisik seperti tekanan, gaya, besaran listrik, cahaya, gerakan, kelembaban, suhu, kecepatan dan fenomena-fenomena lingkungan lainnya. Pada alat otomatis sensor sangat diperlukan sebagai *input* untuk sebuah perintah. Adapun jenis-jenis

sensor yang digunakan pada alat ini yaitu yaitu : *Sensor Soil Moisture* dan sensor *Sensor Ultrasonik Waterproof*.

2.3.1 *Soil Moisture Sensor (Sensor Kelembaban Tanah)*

Soil Moisture sensor adalah sensor kelembaban yang dapat mendeteksi kelembaban dalam tanah. Sensor ini sangat sederhana, tetapi ideal untuk memantau taman kota, atau tingkat air pada tanaman pekarangan anda. Sensor ini terdiri dua *probe* untuk melewatkan arus melalui tanah, kemudian membaca resistansinya untuk mendapatkan nilai tingkat kelembaban. Semakin banyak air membuat tanah lebih mudah menghantarkan listrik (resistansi kecil), sedangkan tanah yang kering sangat sulit menghantarkan listrik (resistansi besar) [7].

2.3.1.1 Spesifikasi Sensor *Soil Moisture*

Berikut spesifikasi dari moisture sensor *soil moisture*:

1. *Power supply*: 3.3v or 5v
2. *Output voltage signal*: 0~4.2v
3. *Current*: 35mA

Pin definition:

1. *Analog output (Bluewire)*
2. *GND (Blackwire)*
3. *Power (Redwire)*
4. *Size*: 60x20x5mm

Value range:

1. 0~300 bit : *dry soil*
2. 300~700 bit : *humid soil*
3. 700~950 bit : *in water*



Gambar 2.4 *Soil Moisture Sensor*

(Sumber: www.inf-electronics.com)

Soil Moisture sensor menggunakan *1-wire protocol*. Sensor ini mempunyai tiga pin yaitu VCC, DATA, dan GND.

2.3.1.2 Cara Kerja Sensor *Soil Moisture*

1. Prinsip Pengukuran: Sensor kelembaban tanah umumnya menggunakan dua elektroda yang tertanam di dalam tanah. Ketika tanah kering, hambatan listrik antara kedua elektroda akan tinggi karena kurangnya air sebagai penghantar listrik. Sebaliknya, ketika tanah lembab, hambatan listrik akan menurun karena adanya air sebagai penghantar listrik yang baik.
2. Pembacaan Nilai Analog/Digital: Sensor kelembaban tanah akan memberikan pembacaan dalam bentuk nilai analog atau digital. Nilai analog berupa tegangan yang berbanding lurus dengan tingkat kelembaban tanah, sementara nilai digital bisa berupa sinyal logika "1" atau "0" yang menunjukkan apakah tanah kering atau basah dengan batas tertentu.
3. Konversi Nilai: Jika sensor memberikan nilai analog, mikrokontroler (seperti ESP32) akan membaca nilai tegangan tersebut melalui pin analog. Kemudian, nilai tegangan tersebut dapat dikonversi menjadi persentase kelembaban tanah menggunakan pemetaan (mapping) atau rumus yang telah ditentukan sebelumnya.
4. Pengolahan Data: Setelah mendapatkan nilai kelembaban tanah, mikrokontroler akan membandingkannya dengan ambang batas tertentu. Ambang batas ini menentukan kapan tanah dianggap kering atau basah. Jika nilai kelembaban tanah di bawah ambang batas, mikrokontroler akan menganggap tanah kering dan memutuskan untuk menyiram tanaman.
5. Pengendalian Pompa Air: Jika tanah dianggap kering, mikrokontroler akan mengaktifkan modul pompa air melalui modul relay atau komponen switching lainnya. Hal ini memungkinkan air disalurkan dari sumber air ke tanaman untuk menyiramnya.
6. Pengaturan Penyiraman: Mikrokontroler juga dapat diprogram untuk mengatur durasi dan interval penyiraman. Setelah memulai pompa air, mikrokontroler akan menghitung waktu penyiraman yang sesuai dengan

kebutuhan tanaman dan kemudian mematikan pompa setelah durasi yang telah ditentukan.

7. Proteksi dari Overwatering: Untuk menghindari risiko overwatering (penyiraman berlebihan), mikrokontroler dapat memonitor kondisi tanah secara terus-menerus selama penyiraman. Jika sensor kelembaban tanah menunjukkan bahwa tanah sudah cukup basah, mikrokontroler akan memutuskan penyiraman untuk sementara waktu.

2.3.2 *Sensor Ultrasonik Waterproof (Sensor Jarak JSN-SR04T)*

Seperti namanya, sensor ini memiliki sistem kerja yang sama dengan HC-SR04. Perbedaan yang paling menonjol adalah sensor ultrasonik JSN-SR04T bersifat *waterproof* atau tahan terhadap air. Selain itu, sensor ini juga memiliki kabel yang panjangnya mencapai 2.5 meter yang menghubungkan antara sensor dengan transduser (modul untuk mengubah hasil sensor menjadi pulse yang dapat dibaca arduino). Adanya kabel ini dapat dimanfaatkan sebagai pemisah antara sensor dengan device yang tidak tahan air seperti arduino atau tambahan lainnya [8].



Gambar 2.5 *Sensor Ultrasonik Waterproof (JSN-SR04T)*
(Sumber: www.electroschematics.com)

2.3.2.1 Spesifikasi Sensor *Ultrasonik JSN-SR04T*

Berikut spesifikasi dari sensor *ultrasonik JSN-SR04T* adalah sebagai berikut.

Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor Ultrasonik JSN-SR04T

Tegangan Operasi	5 VDC
Arus	3 mA (jika beroperasi, hingga 3 mA)
Frekuensi	40 KHz
Jarak	25 – 450 KHz
Sudut Pengukuran	45 – 75 Derajat
Dimensi Sensor	23,5 x 20 mm, Panjang Kabel 250 cm
Dimensi Transduser	41 28,5 mm

2.3.2.2 Cara Kerja Sensor Ultrasonik JSN-SR04T

Sensor ultrasonik JSN-SR04T digunakan dalam alat penyiraman tanaman otomatis untuk mengukur jarak antara sensor dengan permukaan air dalam wadah penyimpanan air. Dengan informasi jarak ini, alat penyiraman dapat mengatur kapan harus menyala dan mematikan pompa air untuk mengisi wadah penyimpanan air dengan tepat. Berikut adalah cara kerja sensor ultrasonik JSN-SR04T pada alat penyiraman tanaman otomatis.

1. Prinsip Kerja Ultrasonik: Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara (ultrasonik). Sensor ini menghasilkan gelombang ultrasonik yang kemudian dipancarkan ke arah target, dalam hal ini permukaan air di dalam wadah penyimpanan.
2. Pengiriman Sinyal: Sensor mengirimkan pulsa gelombang suara ultrasonik ke permukaan air. Waktu yang diperlukan untuk gelombang suara kembali setelah memantul dari permukaan air akan diukur oleh sensor.
3. Waktu Pantul: Gelombang suara yang dipancarkan akan mencapai permukaan air dan kemudian dipantulkan kembali ke sensor setelah mencapai permukaan air. Sensor akan mencatat waktu yang diperlukan gelombang suara untuk pergi dan kembali.
4. Perhitungan Jarak: Berdasarkan waktu yang dicatat oleh sensor, mikrokontroler (misalnya, ESP32) akan menghitung jarak antara sensor

dan permukaan air menggunakan formula sederhana: $\text{Jarak} = (\text{Kecepatan suara} \times \text{Waktu Pantul}) / 2$.

5. Mengukur Tingkat Air: Dengan mengetahui jarak antara sensor dan permukaan air dalam wadah penyimpanan, mikrokontroler dapat mengukur tingkat air yang ada di dalamnya. Semakin tinggi permukaan air dari sensor, semakin besar jarak yang diukur.
6. Memutuskan Penyiraman: Mikrokontroler akan memutuskan apakah perlu menyala atau mematikan pompa air berdasarkan tingkat air yang diukur. Jika tingkat air di bawah ambang batas minimum, mikrokontroler akan mengaktifkan pompa air untuk mengisi wadah penyimpanan air.
7. Interval Penyiraman: Mikrokontroler dapat diprogram untuk mengatur interval penyiraman berdasarkan tingkat air yang diukur. Interval penyiraman dapat disesuaikan dengan kebutuhan tanaman dan volume wadah penyimpanan air.
8. Proteksi dari Kekeringan: Jika sensor ultrasonik tidak mendeteksi adanya air (jika wadah kosong atau air terlalu rendah), mikrokontroler dapat mengirimkan notifikasi atau melindungi pompa air agar tidak beroperasi untuk mencegah kerusakan atau kekeringan.

2.4 Water Pump

Water Pump pompa air adalah alat untuk menggerakkan air dari tempat bertekanan rendah ketempat bertekanan yang lebih tinggi. Pada dasarnya *water pump* sama dengan motor DC pada umumnya, hanya saja sudah di-*packing* sedemikian rupa sehingga dapat digunakan di dalam air. Pada tugas akhir ini digunakan *water pump* DC 12 volt untuk menyemprotkan air. Berikut ini gambar dari *water pump* 12 volt [9].



Gambar 2.6 *Water Pump* DC 12 Volt
(Sumber: www.aliexpress.com)

2.5 *Solenoid Valve*

Solenoid valve berfungsi menghentikan atau meneruskan aliran refrigerant dalam suatu sistem refrigerasi, dimana pengaturannya dilakukan oleh arus listrik. *Solenoid Valve* terdiri dari sebuah kumparan yang berbentuk silinder dimana pada bagian tengahnya terdapat sebuah inti besi yang mudah dibuat magnet yang disebut dengan *plunger*. Apabila kumparan dialiri arus listrik maka kumparan menjadi elektromagnet sehingga akan mengangkat / menarik *plunger* ketengah kumparan dan akibatnya akan membuka katup. Apabila aliran listrik dimatikan maka medan magnet kumparan akan hilang dan *plunger* karena beratnya sendiri akan turun sehingga menutup katup. Jenis *solenoid valve* yang digunakan pada alat ini yaitu *solenoid valve 1/2 inch* [10].



Gambar 2.7 *Solenoid valve 1/2 inch*
(Sumber: www.ibots.com)

2.6 Modul Relay 2 Channel

Relay adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *electromechanical* (yang terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet (coil) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar / switch). 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 5V dan 50 mA mampu menggerakkan armature relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A. Relay module 2 channel 5V dengan 2 channel output dapat digunakan sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan perangkat listrik yang memerlukan tegangan dan arus yang besar. Kompatible dengan semua mikrokontroler khususnya Arduino [11].



Gambar 2.8 Modul Relay 2 Channel
(Sumber: www.electronics.stackexchange.com)

Produk ini merupakan relay 5V dengan 2 channel output. Dapat digunakan sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan perangkat listrik yang memerlukan tegangan dan arus yang besar. Kompatible dengan semua 14 mikrokontroler (khususnya Arduino, 8051, 8535, AVR, PIC, DSP, ARM, ARM, MSP430, TTL logic) maupun Raspberry Pi .

Relay 2 Channel ini memerlukan arus sebesar sekurang-kurangnya 15-20mA untuk mengontrol masing-masing channel. Disertai dengan relay *high-current* sehingga dapat menghubungkan perangkat dengan AC250V 10A. Jika Anda menggunakan mikrokontroler dengan tegangan kerja 3.3V, Anda tetap dapat menggunakan Relay 2 channel ini dengan cara :

1. Lepas jumper JD-VCC
2. Hubungkan JD-VCC dengan *external power* 5V lainnya.

Berikut spesifikasi dari modul relay 2 channel :

- *Number of Relays* : 2
- *Control signal* : TTL level (*Active Low*)
- *Rated load* : 10A 250VAC, 10A 30VDC, 10A 125VAC, 10A 28VDC
- *Contact action time* : 10ms/5ms
- *Indicator LED for each channel*
- *Relay size* : 51 x 41 mm

2.7 Modul RTC DS3231 (*Real - Time Clock*)

RTC (*Real time clock*) merupakan sebuah perangkat yang dapat menerima dan menyimpan data *real-time* berupa dekripsi waktu, seperti hari, tanggal, bulan, dan tahun [12].

Real - Time clock (RTC) adalah jam komputer (paling sering dalam bentuk sirkuit terpadu) yang melacak waktu saat ini. Meskipun istilah ini sering merujuk pada perangkat di computer pribadi, server, dan sistem embedded, RTC hadir di hampir semua perangkat elektronik yang perlu menjaga waktu yang akurat. RTC umum yang digunakan dalam computer papan tunggal adalah DS3132. Module RTC DS3231 adalah salah satu jenis module yang dimana berfungsi sebagai RTC (*Real Time Clock*) atau pewaktuan digital serta penambahan fitur pengukur suhu yang dikemas ke dalam 1 module. Selain itu pada modul terdapat IC EEPROM tipe AT24C32 yang dapat dimanfaatkan juga. Interface atau antar muka untuk mengakses modul ini yaitu menggunakan i2c atau two wire (SDA dan SCL). Sehingga apabila diakses menggunakan mikrokontroler misal Arduino Uno pin yang dibutuhkan 2 pin saja dan 2 pin power.

Module DS3231 RTC ini pada umumnya sudah tersedia dengan *battery* CR2032 3V yang berfungsi sebagai *back up* RTC apabila catu daya utama mati. Dibandingkan dengan RTC DS1302, RTC DS3231 ini memiliki banyak kelebihan. Sebagai contoh untuk range VCC input dapat di supply menggunakan tegangan antara 2.3 V sampai 5.5 V dan memiliki cadangan baterai. Berbeda

dengan DS1307, pada DS3231 juga memiliki Kristal terintegrasi (sehingga tidak diperlukan Kristal eksternal), sensor suhu, 2 alarm waktu terprogram, pin output 32.768 kHz untuk memastikan akurasi yang lebih tinggi. Selain itu, terdapat juga EEPROM AT24C32 yang bisa memberi Anda 32K EEPROM untuk menyimpan data, ini adalah pilihan terbaik untuk aplikasi yang memerlukan untuk fitur data *logging*, dengan presisi waktu yang lebih tinggi.



Gambar 2.9 Modul RTC DS3231
(Sumber: www.sunupradana.com)

2.8 *Power Supply*

Power supply adalah salah satu dalam komponen perangkat keras yang memiliki peran dalam menyediakan listrik dan daya untuk digunakan dalam menyalakan computer serta perangkat lainnya. Tool dari power supply ini dapat mengubah arus listrik yang ditarik berasal dari sumber listrik contohnya seperti stop kontak, baterai ataupun generator untuk meneruskan daya ke perangkat yang telah terhubung. Bukan hanya itu saja, biasanya power supply ini juga dapat mengatur tegangan yang mengalir ke berbagai perangkat untuk dapat mencegah *overheating* atau kata lainnya panas berlebih [13].

Power supply atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan sumber daya (sumber tenaga) merupakan salah satu rangkaian elektronik yang memiliki fungsi sebagai penyedia sumber energy listrik untuk perangkat elektronika, dalam hal ini adalah energy listrik tegangan DC. *Power supply* biasanya dirangkai sedemikian rupa hingga membentuk suatu kotak dengan kabel yang keluar dari kotak tersebut dan di bagian ujung kabel ada sebuah konektor yang lebih tepatnya terletak di

belakang pelindung (casing). Dalam dunia elektronika, *power supply* juga sangat populer dengan sebutan adaptor.

Rangkaian *power supply* memiliki beberapa komponen penting yang ada di dalamnya. Adapun komponen-komponen penting tersebut adalah sebagai berikut:

1. Transformator atau trafo, merupakan komponen yang memiliki fungsi untuk menurunkan tegangan listrik.
2. Dioda, merupakan komponen yang memiliki fungsi sebagai penyearah tegangan. Ada banyak sekali jenis dioda, namun yang paling umum digunakan adalah diode *bridge*.
3. Kapasitor ELCO, merupakan komponen yang memiliki fungsi sebagai penyaring (filter) untuk dapat meredam tegangan yang ada pada rangkaian *power supply*.
4. Transistor, memiliki fungsi sebagai penstabil tegangan.



Gambar 2.10 *Power Supply*
(Sumber : www.bukalapak.com)

2.9 *Liquid Crystal Display (LCD) 20x4*

Display elektronika adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada disekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit* [14].

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 12 sebuah karakter yang diinginkan, maka gelombang cahaya yang dipantulkan tidak dapat menembus lapisan molekul yang sudah menyesuaikan serta segmen yang aktif terlihat gelap.



Gambar 2.11 *Liquid Crystal Display (LCD) 20x4*
(Sumber: www.elektrologi.iptek.web.id)

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)*, member 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 pengirimanin formasi / data.

2.10 Kabel AWG 22

Kabel AWG adalah jenis kabel yang sering ditemui pada speaker, video, dan audio. Satuan AWG tersebut merupakan singkatan dari *American Wire Gauge* yang digunakan untuk mengetahui ketebalan konduktor di dalam kabel. Nilai yang tertulis pada kabel menunjukkan ketebalan 1 konduktor saja. Misal, kabel speaker Belden 8471 memiliki ukuran 16 AWG dengan dua konduktor di

dalam. Artinya, masing-masing konduktor memiliki ketebalan 2×16 AWG. Untuk mempermudah Anda, satuan AWG juga bisa dikonversikan ke mm^2 .

Fungsi kabel AWG adalah alat listrik yang berfungsi sebagai penghantar arus listrik. Besaran kuat listrik inilah yang menentukan jenis ukuran kabel yang dipakai. Mengetahui fungsi kabel AWG sangatlah penting. Semakin besar power yang digunakan, maka ukuran kabel AWG yang dipakai pun semakin besar. Sebaliknya, jika power yang digunakan kecil, maka akan menggunakan ukuran kabel AWG kecil. Salah memahami hal demikian akan berakibat fatal [15].



Gambar 2.12 Kabel AWG
(Sumber: <https://thecityfoundry.com/kabel-awg/>)

2.11 Scilab

Scilab adalah freeware yang dikembangkan untuk komputasi numerik. Scilab menyediakan ratusan fungsi yang merepresentasikan operasi matematika, analisis data serta algoritma dalam komputasi numerik. Scilab juga merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dapat digunakan untuk pengembangan suatu algoritma. Scilab tersedia untuk sistem operasi Windows, Linux dan MacOS. Pada software scilab juga terdapat toolbox *fuzzy logic*, toolbox ini yang nanti akan di gunakan pada penelitian ini untuk melakukan simulasi *fuzzy logic*. Pada penelitian ini tipe software scilab yang digunakan yaitu scilab 5.5.2 (64-bit).



Gambar 2.13 Scilab
(Sumber: <https://gitlab.com/scilab>)

2.11.1 Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* merupakan suatu proses pengambilan keputusan berbasis aturan yang bertujuan untuk memecahkan masalah, dimana sistem tersebut sulit untuk dimodelkan atau terdapat ambiguitas dan ketidakjelasan. Logika *fuzzy* pertama kali oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2004), logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam ruang output. Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

1. Variabel *fuzzy*, merupakan suatu lambing atau kata yang menunjuk kepada suatu yang tidak tertentu dalam sistem *fuzzy*. Contoh: produksi, permintaan, persediaan, dan sebagainya.
2. Himpunan *fuzzy*, merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Contoh: Variabel produksi dibagi menjadi 2 himpunan *fuzzy*: turun dan naik.

2.11.2 Metode *Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani*

Metode Fuzzy Inference System Mamdani adalah salah satu teknik dalam logika fuzzy yang dikembangkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode ini digunakan untuk mengambil keputusan atau mengendalikan suatu sistem berdasarkan logika fuzzy. Ide utama dari metode Mamdani adalah mengubah variabel input yang kontinu menjadi nilai keanggotaan fuzzy menggunakan himpunan fuzzy.

Berikut adalah langkah-langkah umum dalam metode Fuzzy Inference System Mamdani:

1. Fuzzifikasi (Fuzzification):

Pada langkah ini, variabel input dikonversi dari nilai crisp (nyata) menjadi himpunan fuzzy. Setiap variabel input akan memiliki beberapa himpunan fuzzy yang menggambarkan tingkat keanggotaan dari nilai crisp tersebut pada setiap himpunan fuzzy. Biasanya, fungsi keanggotaan yang digunakan adalah segitiga atau trapesium.

2. Rule Base

Rule base adalah kumpulan aturan-aturan fuzzy yang menghubungkan variabel input dengan variabel output. Setiap aturan memiliki kondisi (IF) berdasarkan kombinasi nilai keanggotaan dari variabel input dan aksi (THEN) berupa himpunan fuzzy pada variabel output.

3. Inferensi

Pada tahap ini, sistem menggabungkan aturan-aturan fuzzy yang berlaku dan menghasilkan nilai keanggotaan fuzzy pada variabel output. Ini dilakukan dengan menggunakan operasi logika fuzzy, seperti AND, OR, atau NOT.

4. Defuzzifikasi

Langkah terakhir adalah mengubah hasil inferensi dari himpunan fuzzy menjadi nilai crisp (nyata) pada variabel output. Proses ini dapat menggunakan metode tertentu, seperti metode centroid, untuk menentukan nilai crisp yang tepat.

Metode Fuzzy Inference System Mamdani sering digunakan dalam berbagai bidang, seperti sistem kontrol, pengambilan keputusan, prediksi, dan banyak lagi. Kelebihan dari metode ini adalah kemampuannya untuk mengatasi ketidakpastian dan kompleksitas pada data yang tidak pasti atau kabur (fuzzy). Namun, perlu diingat bahwa penggunaan yang tepat dan desain aturan yang baik sangat penting agar sistem fuzzy memberikan hasil yang akurat dan bermanfaat.