

1BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Setelah penulis melakukan telaah terhadap beberapa referensi yang ada, ada beberapa yang memiliki keterkaitan dengan perancangan yang penulis lakukan.

Referensi sistem otomasi penyiraman diambil dari Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor *Soil Moisture* Sebagai Pengukur Kelembaban Tanah Dan Sensor Ultrasonik Sebagai Pengukur Ketinggian Air Pada Tangki Air Berbasis *Raspberry Pi*” membahas tentang pembacaan tingkat kelembaban tanah dengan sensor kelembaban tanah sebagai dasar sistem penyiraman tanaman otomatis dan pengukuran tingkat ketinggian air pada tanki air dengan sensor ultrasonik. Alat ini dapat mendeteksi tingkat kelembaban tanah dengan tingkatan 1-15 dengan jeda waktu pembacaan yang ditentukan dan dapat mendeteksi tingkat ketinggian air dalam satuan ukur centi meter dalam tanki air penyiraman. *Raspberry* sebagai pusat kendali dari beberapa *input* yaitu sensor *soil moisture* dan *ultrasonik*. Sensor *soil moisture* digunakan untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah dan sensor *ultrasonik* digunakan untuk mengukur jarak ketinggian air dengan atap tanki air. *Raspberry* juga sebagai pusat kendali beberapa *output* yaitu motor servo digunakan sebagai pembuka atau penutup keran penyiraman dan pompa air digunakan sebagai pengisian tanki air.^[1]

Alat penyiram tanaman otomatis menggunakan *Arduino UNO*. Pada penelitian ini dijelaskan mengenai sebuah alat untuk mempermudah pekerjaan manusia dalam menyiram tanaman cabai. Alat ini menggunakan sensor *soil moisture* / kelembaban tanah yang berfungsi sebagai pendeteksi kelembaban tanah dan mengirim perintah kepada *Arduino UNO* guna menghidupkan driver relay agar pompa dapat menyiram air sesuai kebutuhan tanah secara otomatis.^[2]

ADC ADS1115 adalah alat yang dapat mengkonversikan nilai *analog* ke *digital* dengan kemampuan menghasilkan data 16 bit. ADC ADS1115 hanya mampu mengkonversikan 4 channel analog dan memiliki maksimal level tegangan 6.114 V. Dengan menggunakan ADC ADS1115 maka akan meningkatkan resolusi dan akurasi menjadi lebih baik.^[3]

Referensi sistem *monitoring* diambil dari Karya Ilmiah berjudul “Rancang Bangun Pengontrol Suhu dan Kelembaban Udara Pada Penetas Telur Ayam Berbasis Arduino Mega 2560 Dilengkapi UPS” menjelaskan tentang pembacaan suhu dan kelembaban udara menggunakan sensor DHT11 yang outputnya akan diolah oleh Arduino Mega 2560. Hasil pembacaan akan digunakan sebagai acuan pembalik telur pada rak menggunakan motor DC yang akan bergerak sesuai dengan yang diinginkan. Untuk menghasilkan panas menggunakan lampu dengan daya 2x15 Watt, sedangkan sebagai penambah kelembaban menggunakan heater yang dipasang tepat di atas bak air dan LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai penampil suhu ruang dan kelembaban udara.^[4]

Perbedaan Tugas Akhir yang akan dikerjakan penulis dengan referensi – referensi diatas adalah penulis akan menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai pusat kendali dari rancang bangun sistem otomasi penyiraman dengan sensor *soil moisture* yl-69 dan monitoring kondisi lingkungan pada rumah kaca. Alat ini dirancang mampu mengontrol penyiraman tanaman secara otomatis dengan membaca tingkat kelembaban tanah 1 hingga 100 dalam bentuk persen dan memonitoring kondisi lingkungan dalam rumah kaca secara real time. *Input* yang digunakan sensor *soil moisture* yl-69 sebagai alat pendeteksi kelembaban tanah, ADC ADS1115 sebagai pengkonversi nilai analog ke digital, DHT11 sebagai sensor pendeteksi suhu dan kelembaban udara serta RTC DS3231 sebagai informasi waktu. *Output* yang digunakan pompa air 12V DC sebagai alat penyiram tanaman dan LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai penampil kondisi lingkungan dalam rumah kaca maupun waktu setempat. Dengan adanya alat ini, diharapkan dapat membantu pekerjaan agar kelembaban tanah selalu terjaga dan dapat memantau kondisi lingkungan sehingga mampu meningkatkan kualitas dan tingkat produksi tanaman dalam rumah kaca.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Rangkaian Penyearah

Peralatan kecil portabel kebanyakan menggunakan baterai sebagai sumber dayanya, namun sebagian besar peralatan menggunakan sumber daya AC 220 volt - 50Hz. Didalam peralatan tersebut terdapat rangkaian yang sering disebut sebagai adaptor atau penyearah yang mengubah sumber AC menjadi Di Bagian terpenting

dari adaptor adalah berfungsinya diode sebagai penyearah (*rectifier*). Pada bagian ini dipelajari bagaimana rangkaian dasar adaptor tersebut bekerja.

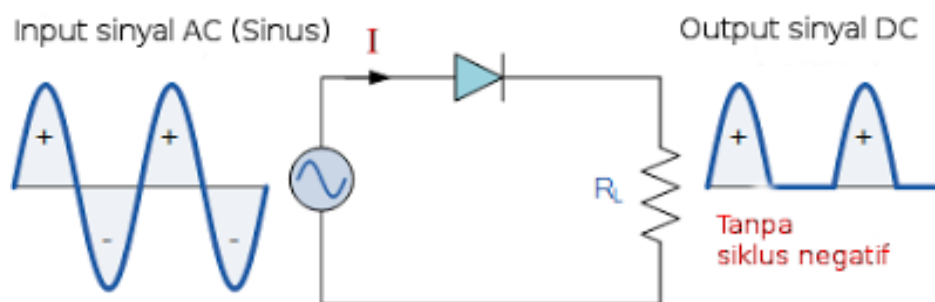
Penyearah gelombang (*rectifier*) adalah bagian dari *power supply* / catu daya yang berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan AC (*Alternating Current*) menjadi tegangan DC (*Direct Current*). Komponen utama dalam penyearah gelombang adalah dioda yang dikonfigurasikan secara *forward bias*. Dalam sebuah *power supply* tegangan rendah, sebelum tegangan AC tersebut di ubah menjadi tegangan DC maka tegangan AC tersebut perlu di turunkan menggunakan transformator *stepdown*. Ada 3 bagian utama dalam penyearah gelombang pada suatu *power supply* yaitu, penyearah gelombang / *rectifier* (dioda), penurunan tegangan (transformer), dan filter (kapasitor).

Pada dasarnya konsep penyearah gelombang dibagi dalam 2 jenis yaitu, Penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh. Namun selain dua konsep penyearah tersebut, terdapat pula rangkaian penyearah dengan filter untuk menyaring arus yang masuk pada rangkaian. ^[5]

A. Penyearah Setengah Gelombang

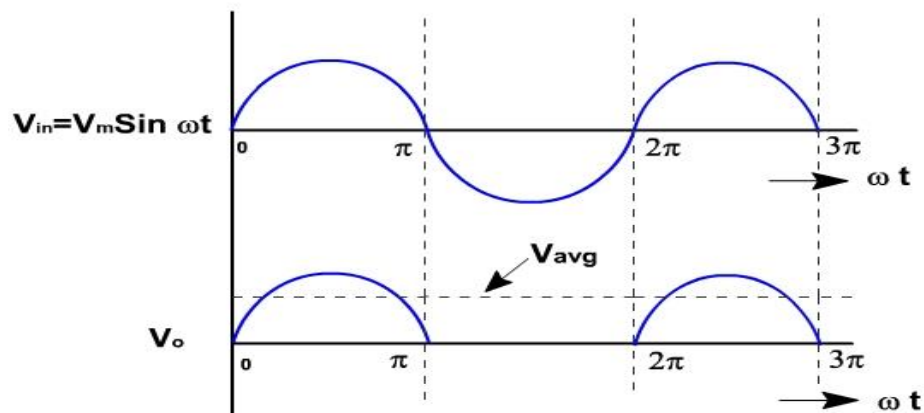
Penyearah setengah gelombang (*half wave rectifier*) adalah sistem penyearah yang menggunakan satu blok dioda tunggal (bisa satu dioda atau banyak dioda yang diparalel) untuk mengubah tegangan dengan arus bolak-balik (AC) menjadi tegangan dengan arus searah (DC). sinyal. Prinsip kerja penyearah setengah gelombang memanfaatkan karakteristik dioda yang hanya bisa dilalui arus satu arah saja. Disebut penyearah setengah gelombang karena penyearah ini hanya melewatkan siklus positif dari sinyal AC.

Rangkaian penyearah setengah gelombang banyak dipakai pada *power supply* dengan frekuensi tinggi seperti pada *power supply* SMPS dan keluaran transformator *Flyback* Televisi. Sistem penyearah setengah gelombang kurang baik diaplikasikan pada frekuensi rendah seperti jala-jala listrik rumah tangga dengan frekuensi 50Hz karena membuang satu siklus sinyal AC dan mempunyai riak (*rippe*) yang besar pada keluaran tegangan DC-nya sehingga membutuhkan kapasitor yang besar. Berikut gambar rangkaian penyearah setengah gelombang:



Gambar 2.1 Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang

Penyearah setengah gelombang (half wave rectifier) hanya menggunakan 1 buah dioda sebagai komponen utama dalam menyearahkan gelombang AC. Prinsip kerja dari penyearah setengah gelombang ini adalah mengambil sisi sinyal positif dari gelombang AC dari transformator. Pada saat transformator memberikan *output* sisi positif dari gelombang AC maka dioda dalam keadaan forward bias sehingga sisi positif dari gelombang AC tersebut dilewatkan dan pada saat transformator memberikan sinyal sisi negatif gelombang AC maka dioda dalam posisi reverse bias, sehingga sinyal sisi negatif tegangan AC tersebut ditahan atau tidak dilewatkan seperti terlihat pada gambar sinyal *output* penyearah setengah gelombang berikut:



Gambar 2.2 Sinyal Output Penyearah Setengah Gelombang

Formulasi yang digunakan pada penyearah setengah gelombang sebagai berikut.

$$V_{avg} = \frac{V_m}{\pi R} \dots \dots \dots (1)$$

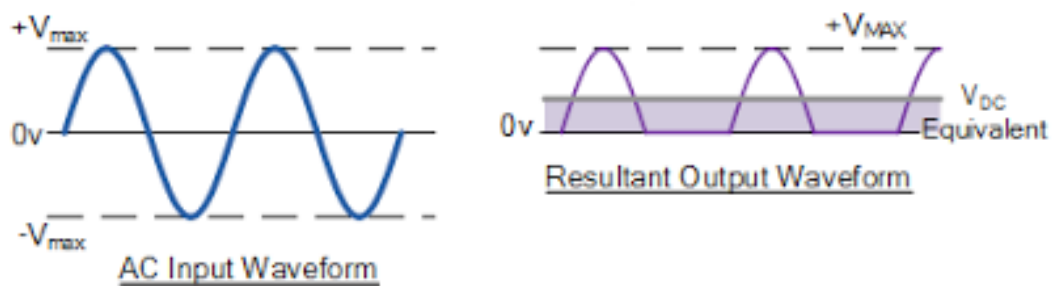
Dimana :

V_{avg} = Tegangan rata-rata

V_m = Tegangan puncak

R = Hambatan

Perhitungan tegangan DC keluaran dari penyearah setengah gelombang mengacu pada kondisi saat fasa on dan *OFF* pada gelombang *output*. Pada saat fase positif, dioda menghantar sehingga tegangan keluaran saat itu sama dengan V_{max} dari sinyal *input*. Kemudian saat fase negatif, dioda tidak menghantar sehingga tegangan keluaran pada fase ini sama dengan nol.



Gambar 2.3 Output Penyearah Setengah Gelombang

Berdasarkan kondisi diatas maka dapat dirumuskan bahwa besarnya tegangan output dari penyearah setengah gelombang adalah V_{max} dibagi dengan π (pi). Dimana besarnya V_{max} adalah tegangan puncak (*V-peak*) dari salah satu siklus sinyal AC. Atau sebesar $0.318V_{max}$. Dan jika dihitung dengan nilai RMS menjadi 0.318 kali $\sqrt{2}$ sama dengan $0.45V_{rms}$.

$$V_{dc} = \frac{V_{max}}{\pi} = 0,318V_{max} = 0,45V_{rms} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

V_{dc} = Tegangan DC

V_{max} = tegangan maksimum

Rangkaian penyearah setengah gelombang ini memiliki kelemahan pada kualitas arus DC yang dihasilkan. Arus DC rata-rata yang dihasilkan dari rangkaian ini hanya $0,318$ dari arus maksimum-nya, jika dituliskan dalam persamaan matematika adalah sebagai berikut;

$$I_{AV} = 0,318.I_{MAX} \dots \dots \dots (3)$$

Ket:

I_{av} = Arus Rata-Rata

I_{max} = Arus maksimum

Oleh sebab itu rangkaian penyearah setengah gelombang lebih sering digunakan sebagai rangkaian yang berfungsi untuk menurunkan daya pada suatu rangkaian elektronika sederhana dan digunakan juga sebagai demodulator pada radio penerima AM.

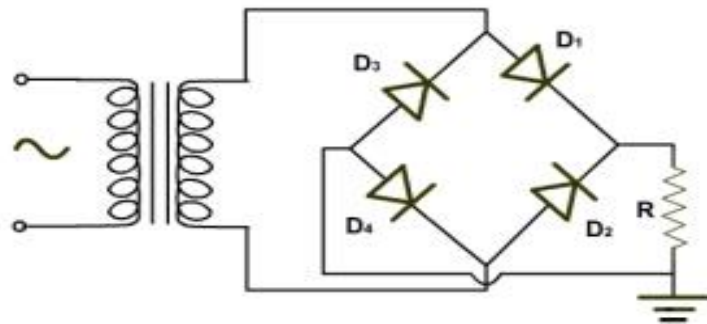
Penyearah setengah gelombang memiliki kelebihan dari segi rangkaian yang sangat simpel dan sederhana. Karena menggunakan satu dioda maka biaya yang dibutuhkan untuk rangkain lebih murah.

Kelemahan dari penyearah setengah gelombang adalah keluarannya memiliki riak (*rippe*) yang sangat besar sehingga tidak halus dan membutuhkan kapasitor besar pada aplikasi frekuensi rendah seperti listrik PLN 50Hz. Kelemahan ini tidak berlaku pada aplikasi *power supply* frekuensi tinggi seperti pada rangkaian SMPS yang mempunyai duty cycle diatas 90%.

Kelemahan penyearah setengah gelombang lainnnya adalah kurang efisien karena hanya mengambil satu siklus sinyal saja. Artinya siklus yang lain tidak diambil alias dibuang. Ini mengakibatkan keluaran dari penyearah setengah gelombang memiliki daya yang lebih kecil.

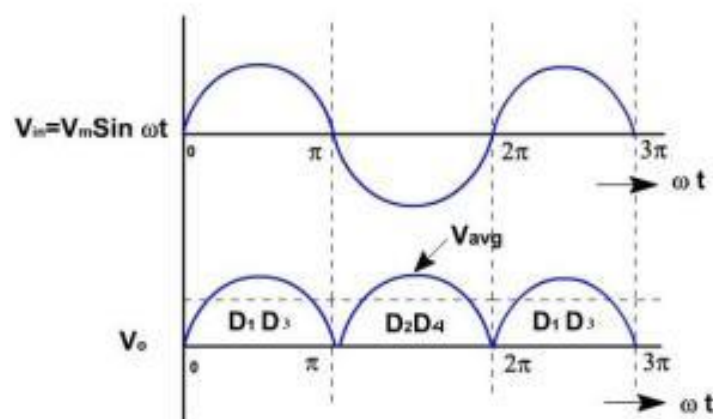
B. Penyearah Gelombang Penuh 4 Dioda

Penyearah Gelombang Penuh (Full wave *Rectifier*) Penyearah gelombang penuh dapat dibuat dengan 2 macam yaitu, menggunakan 4 dioda dan 2 dioda. Untuk membuat penyearah gelombang penuh dengan 4 dioda menggunakan transformator non-CT seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2.4 Rangkaian Pemyearah Gelombang Penuh 4 Dioda

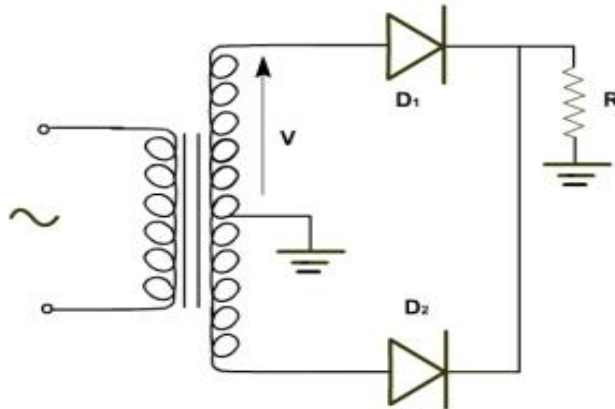
Prinsip kerja dari penyearah gelombang penuh dengan 4 dioda diatas dimulai pada saat *output* transformator memberikan level tegangan sisi positif, maka D1, D4 pada posisi forward bias dan D2, D3 pada posisi reverse bias sehingga level tegangan sisi puncak positif tersebut akan di lewatkan melalui D1 ke D4. Kemudian pada saat *output* transformator memberikan level tegangan sisi puncak negatif maka D2, D4 pada posisi forward bias dan D1, D2 pada posisi reverse bias sehingga level tegangan sisi negatif tersebut dialirkan melalui D2, D4. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik *output* berikut.



Gambar 2.5 Output Penyearah Gelombang Penuh 4 Dioda

C. Penyearah Gelombang Penuh dengan Trafo CT

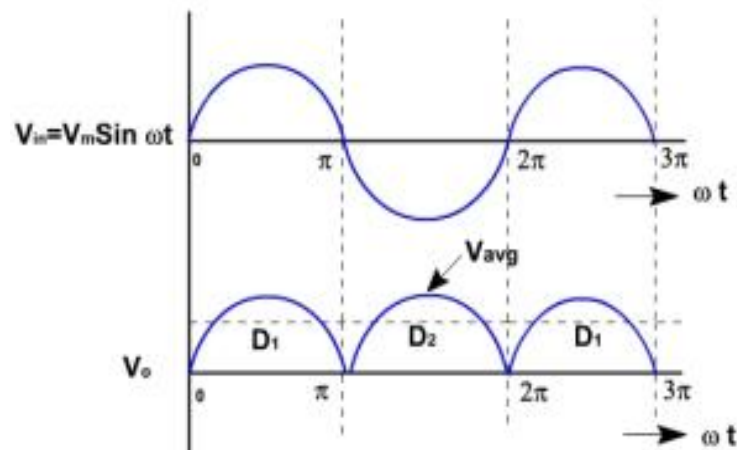
Penyearah gelombang dengan 2 dioda menggunakan transformator dengan CT (*Center Tap*). Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.6 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh 2 Dioda

Prinsip kerja rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda ini dapat bekerja karena menggunakan transformator dengan CT. Transformator dengan CT seperti pada gambar diatas dapat memberikan *output* tegangan AC pada kedua terminal *output* sekunder terhadap terminal CT dengan level tegangan yang berbeda fasa 180° . Pada saat terminal *output* transformator pada D1 memberikan sinyal puncak positif maka terminal *output* pada D2 memberikan sinyal puncak negatif, pada kondisi ini D1 pada posisi forward dan D2 pada posisi reverse. Sehingga sisi puncak positif dilewatkan melalui D1. Kemudian pada saat terminal *output* transformator pada D1 memberikan sinyal puncak negatif maka terminal *output* pada D2 memberikan sinyal puncak positif, pada kondisi ini D1 posisi reverse dan D2 pada posisi forward. Sehingga sinyal puncak positif

dilewatkan melalui D2. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar *output* penyearah gelombang penuh berikut.



Gambar 2.7 Output Penyearah Gelombang Penuh 2 Dioda

Formulasi pada penyearah gelombang penuh sebagai berikut:

$$V_{avg} = \frac{2V_n}{\pi} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

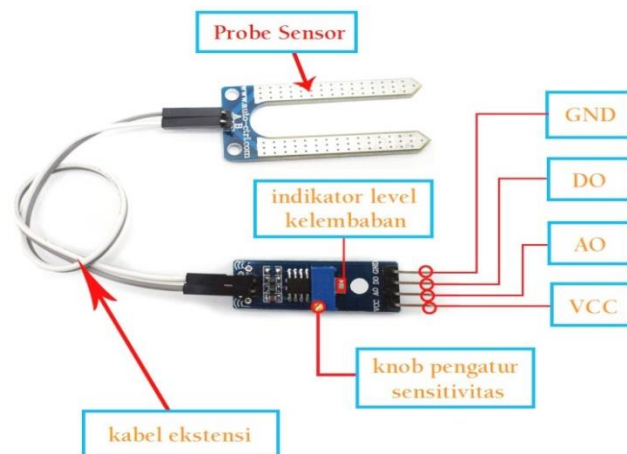
V_{avg} = Tegangan rata-rata

V_n = jumlah tegangan

2.2.2 Sensor Kelembaban Tanah YL-69

Sensor *soil moisture* adalah sensor yang mampu mengukur kelembaban suatu tanah. Dalam satu set soil moisture tipe YL-69 terdapat sebuah modul yang didalamnya terdapat IC LM393 yang berfungsi untuk pembandingan offset rendah yang lebih rendah dari 5 mV, yang sangat stabil dan presisi. Cara menggunakannya cukup mudah, yaitu membenamkan probe sensor ke dalam tanah dan kemudian sensor akan langsung membaca kondisi kelembaban tanah.

Kelembaban tanah dapat diukur melalui value yang telah tersedia di dalam sensor. Namun kekurangan dari sensor ini adalah sensor ini tidak dapat bekerja dengan baik di luar ruangan dikarenakan sensor ini rawan korosi atau karat. [6]



Gambar 2.8 Sensor *Soil Moisture* YL-69

Sensor *soil moisture* terdiri dari dua buah probe atau elektroda yang memiliki prinsip kerja berbasis resistansi untuk membaca suatu kelembaban atau kadar air dalam tanah. Kaki-kakinya terdiri dari 4 buah pin yang memiliki fungsi masing masing, yaitu:

- GND berfungsi sebagai pin *ground*
- VCC berfungsi sebagai pin tegangan masukan.
- A0 atau analog *output* berfungsi mengeluarkan tegangan berupa sinyal analog.
- D0 atau digital *output* berfungsi mengeluarkan data dari pengaturan nilai referensi.

A. Prinsip Kerja

Sensor *Soil Moisture* ini bekerja dengan prinsip membaca jumlah kadar air dalam tanah di sekitarnya. Sensor ini merupakan sensor ideal untuk memantau

kadar air tanah untuk tanaman. Sensor ini menggunakan dua konduktor untuk melewatkan arus melalui tanah, kemudian membaca nilai resistansi untuk mendapatkan tingkat kelembaban. Lebih banyak air dalam tanah akan membuat tanah lebih mudah menghantarkan listrik (nilai resistansi lebih besar), sedangkan tanah kering akan mempersulit untuk menghantarkan listrik (nilai resistansi kurang).

Meskipun sensor akan langsung membaca kondisi kelembaban tanah dengan membenamkan probe, namun kondisi kelembaban yang diukur tersebut masih dalam keluaran sinyal tegangan analog. Sehingga, untuk menjadikan kelembaban tersebut agar menjadi data digital diperlukan adanya *ADC (Analog Digital Converter)*. Selanjutnya, data digital tersebut yang akan dikirim dan akan diproses oleh *controller*.

B. Spesifikasi

Untuk mengetahui spesifikasi dari sensor *soil moisture yl-69*, dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.1 Spesifikasi Sensor *Soil Moisture YL-69*

1.	Sensitivitas dapat diatur lewat potensiometer
2.	Catu daya yang fleksibel antara 3,3V hingga 5V DC
3.	Keluaran tipe analog dapat dibaca sebagai representasi linear akurat dari tingkat kelembapan yang terdeteksi
4.	Module dual output mode, digital output, analog output more accurate.
5.	Keluaran tipe digital akan bernilai logika HIGH saat kelembapan rendah

	(tanah kering), atau sebaliknya bernilai LOW saat kelembapan terdeteksi melewati ambang batas / <i>moisture threshold</i> .
6.	Tersedia lubang sekrup untuk memudahkan pemasangan papan pemroses
7.	Ukuran PCB modul yang kecil sebesar 30 x 16 mm
8.	Tersedia indikator LED untuk kondisi nyala (<i>power indicator</i> , LED berwarna merah) dan status keluaran (<i>digital switching output indicator</i> , LED berwarna hijau)
9.	Pemroses menggunakan IC komparator LM393 yang stabil, akurat, dan cepat dalam memroses data

2.2.3 Analog Digital Converter

Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah input analog menjadi kode – kode digital. ADC banyak digunakan sebagai pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/ pengujian. Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistim komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/ berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistim digital (komputer). ADC (*Analog to Digital Converter*) memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi.

A. Kecepatan Sampling

Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan “seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu”. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam *sample per second* (SPS).

B. Resolusi

Resolusi ADC menentukan “ketelitian nilai hasil konversi ADC”. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki output 8 bit data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 255 ($2^n - 1$) nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit output data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit. Dari contoh diatas ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit.

C. Prinsip Kerja ADC

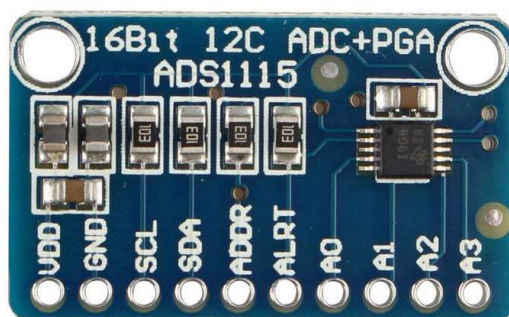
Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. Sebagai contoh, bila tegangan referensi 5 volt, tegangan input 3 volt, rasio input terhadap referensi adalah 60%. Jadi, jika menggunakan ADC 8 bit dengan skala maksimum 255, akan didapatkan sinyal digital sebesar $60\% \times 255 = 153$ (bentuk decimal) atau 10011001 (bentuk biner).

$$\begin{aligned} \text{signal} &= (\text{sample}/\text{max_value}) * \text{reference_voltage} \\ &= (153/255) * 5 \\ &= 3 \text{ volt} \end{aligned}$$

D. ADC ADS1115

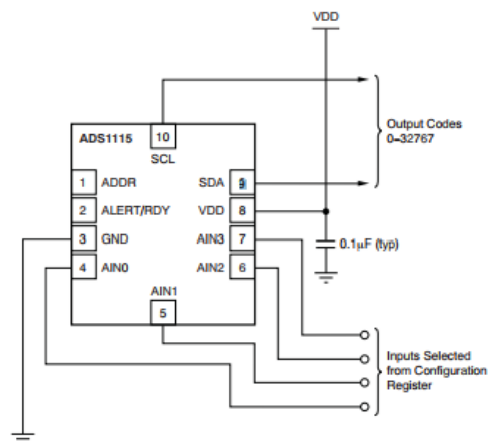
Modul ADS1115 merupakan jenis ADC yang memiliki resolusi 16 bit, ini berarti ADC ini memiliki tingkat ketelitian nilai hasil konversi yang tinggi dibandingkan dengan ADC yang memiliki sedikit resolusi. Dalam ADC ini juga terdapat 4 *channel* yang dapat mengkonversi nilai untuk 4 sensor sekaligus dengan *differensial* bipolar maupun tunggal. Fitur ADC ini yaitu sebuah referensi

onboard dan *oscillator*. Data yang diterima akan ditransfer atau dikirim melalui komunikasi serial I²C. Serial tersebut terdiri dari SDA dan SCL. Berikut gambar 2.2 yang menunjukkan modul ADS1115.



Gambar 2.9 Modul ADS1115

Meskipun ADS1115 memiliki 2 *input* yang berbeda, alat ini tetap mampu mengukur 4 sinyal *single-ended*. Pada gambar 2.10 menunjukkan sebuah skema koneksi *single-ended*. ADS1115 dikonfigurasi untuk pengukuran *single-ended* dengan mengkonfigurasi MUX (Multiplexer) untuk mengukur setiap saluran dengan memperhatikan *ground*. Data tersebut kemudian dibacakan dari satu masukan berdasarkan seleksi pada register konfigurasi. Sinyal *single-ended* dapat menyuplai dari batas 0 Volt. Tegangan negatif tidak bisa diaplikasikan pada sirkuit ini karena ADS1115 hanya bisa menerima tegangan positif. Gambar 2.3 yang menjelaskan keterangan diatas:



Gambar 2.10 Input dan Output (*Datasheet ADS1115*)

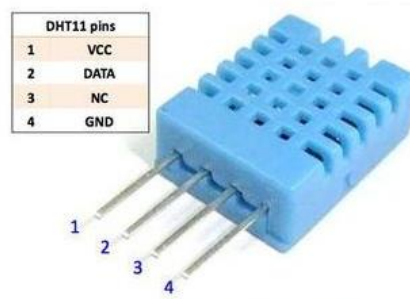
2.2.4 DHT 11

DHT11 adalah sensor yang dapat mengukur dua parameter lingkungan sekaligus, yakni suhu dan kelembaban udara (*humidity*). Pada sensor ini terdapat sebuah thermistor tipe NTC (*Negative Temperature Coefficient*) untuk mengukur suhu, sebuah sensor kelembaban tipe resistif dan sebuah mikrokontroler 8-bit yang mengolah kedua sensor tersebut dan mengirim hasilnya ke pin output dengan format *single-wire bi-directional* (kabel tunggal dua arah). Jadi walaupun kelihatannya kecil, DHT11 ini ternyata melakukan fungsi yang cukup kompleks. DHT11 memberikan hasil yang cukup baik, kecepatan respon yang cukup, memiliki ketahanan yang baik terhadap interferensi dan cukup murah dalam harga.

Interface yang digunakan adalah *single write serial interface* yang cukup cepat dan mudah. Ukuran sensor yang kecil, kebutuhan konsumsi daya yang rendah dan mampu mentransmisikan outputnya dalam jarak 20 meter. Kelemahan dari sensor ini adalah akurasi yang kurang, selain itu range pengukuran suhunya

hanya 0 sd 50 derajat celcius tapi dengan harga yang cukup murah sensor ini bisa menjadi alternatif untuk dipakai dalam pengukuran suhu dan kelembaban.

Di pasaran terdapat dua macam tipe DHT11 yang umumnya sudah berupa modul, yakni DHT11 dengan 3 pin dan 4 pin. Intinya sama saja karena pada modul DHT11 yang berkaki 4 ada satu pin yang tidak digunakan. Berikut ini adalah identifikasi dari pin-pin tersebut



Gambar 2.11 Sensor DHT11

- Pin 1 : Vcc 3,5-5V DC
- Pin 2 : DATA / serial data (single bus)
- Pin 3 : NC, tidak digunakan
- Pin 4 : GND / ground

Berikut spesifikasi sensor DHT11 :

1) Pengukuran Kelembaban Udara

- Resolusi pengukuran : 16Bit
- *Repeatability* : $\pm 1\%$ RH
- Akurasi pengukuran : $25^{\circ}\text{C} \pm 5\%$ RH
- *Interchangeability* : *fully interchangeable*
- Waktu respon : 1 / e (63%) of 25°C 6 detik

- Histeresis : $\pm 0.3\%$ RH
- *Long-term stability* : $\pm 0.5\%$ RH / yr in

2) Pengukuran Temperatur

- Resolusi pengukuran : 16 Bit
- Repeatability : $\pm 0.2^\circ\text{C}$
- Range : At $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$
- Waktu respon : $1/e$ (63%) 10 detik

3) Karakteristik Elektrikal

- Power supply : DC 3.5 – 5.5V
- Konsumsi arus : *measurement* 0.3mA, *standby* 60 μ A
- Periode sampling : lebih dari 2 detik

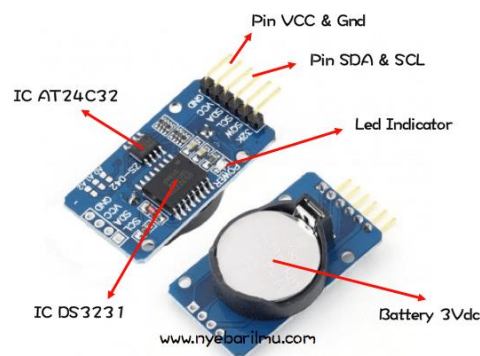
2.2.5 RTC (*Real Time Clock*) DS3231

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 kedalam 1 module. Selain itu pada modul terdapat IC EEPROM tipe AT24C32 yang dapat dimanfaatkan juga. Interface atau antarmuka untuk mengakses modul ini yaitu menggunakan i2c atau two wire (SDA dan SCL). Sehingga apabila diakses menggunakan mikrontroler 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 catudaya utama mati. Dibandingkan dengan RTC DS1302, RTC DS3231 ini memiliki banyak kelebihan. Sebagai contoh untuk range VCC input dapat disupply menggunakan tegangan

antara 2.3V sampai 5.5V 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.^[7]

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 2.12 Modul RTC DS3231

A. Spesifikasi dan Fitur

Berikut merupakan spesifikasi dan berbagai macam fitur yang dapat digunakan pada RTC tipe DS3231:

- RTC sangat akurat mengelola semua fungsi pengatur waktu
- Jam *real time* menghitung detik, menit, jam, tanggal bulan, bulan, hari dalam seminggu, dan tahun, dengan kompensasi tahun lawan berlaku hingga 2100
- Akurasi $\pm 2\text{ppm}$ dari 0°C sampai $+40^\circ\text{C}$
- Akurasi $\pm 3.5\text{ppm}$ dari -40°C sampai $+85^\circ\text{C}$
- *Digital temp sensor* Output: $\pm 3^\circ\text{C}$ akurasi

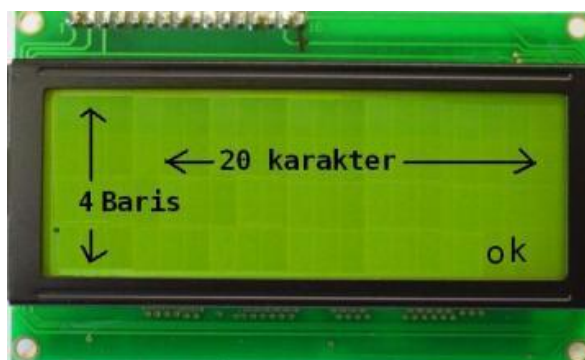
- *Active-low rst output / pushbutton reset debounce input*
- *Two time-of-day alarms*
- *Output programmable square-wave output*
- Antarmuka serial sederhana menghubungkan ke kebanyakan *microcontrollers*
- Kecepatan data transfer I2C Interface (400kHz)
- Masukan cadangan baterai untuk pencatatan waktu terus-menerus
- *Low power operation* memperpanjang waktu jalankan baterai-cadangan
- Rentang suhu operasional: komersial (0° C sampai + 70° C) dan industri (-40° C sampai +85° C)
- Tegangan operasi: 3,3-5,5 V
- Chip jam: chip clock presisi tinggi DS3231
- Ketepatan jam: kisaran 0-40, akurasi 2ppm, kesalahannya sekitar 1 menit
- Sensor suhu chip hadir dengan akurasi 3
- *Chip* memori: AT24C32 (kapasitas penyimpanan 32K)
- Antarmuka bus IIC, kecepatan transmisi maksimal 400KHz (tegangan kerja 5V)
- Dapat mengalir dengan perangkat IIC lainnya, alamat 24C32 dapat disingkat A0 / A1 / A2
- Memodifikasi alamat defaultnya adalah 0x57
- Dengan baterai isi ulang CR2032, untuk memastikan sistem setelah power
- Ukuran: 38mm (panjang) * 22mm (W) * 14mm (tinggi)
- Berat: 8

B. Wiring pada Arduino

- GND >> Pin GND
- VCC >> Pin 5V
- SDA >> Pin SDA (A4)
- SCL >> Pin SCL (A5)
- SQW >> tidak dihubungkan
- 32K >> tidak dihubungkan

2.2.6 LCD (*Liquid Crystal Display*)

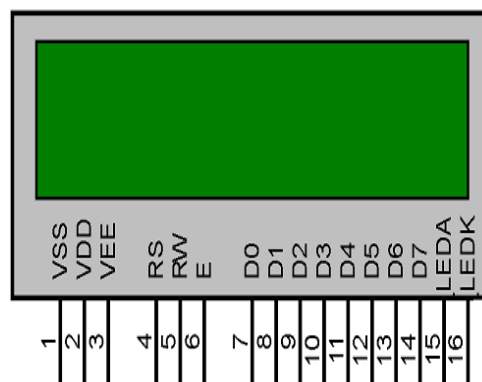
LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alal-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat.



Gambar 2.13 LCD 20 x 4

Adapun fitur yang disajikan dalam LCD ini adalah :

1. Terdiri dari 20 karakter dan 4 baris.
2. Mempunyai 192 karakter tersimpan.
3. Terdapat karakter generator terprogram.
4. Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit.
5. Dilengkapi dengan back light.



Gambar 2.14 Kaki-kaki LCD 20 x 4

Tabel 2.2 Fungsi Kaki-kaki LCD 20 x 4

No	Symbol	Function
1	Vss	<i>GND pin, 0V</i>
2	Vdd	<i>Positive power pin, +5V</i>
3	Vo	<i>LCD drive voltage input pin</i>
4	Rs	<i>Data / Instruction select input pin</i>
5	R/W	<i>Read / Write select input pin</i>
6	E	<i>Enable Input pin</i>
7 – 14	D0 – D7	<i>Data Bus Line</i>
15	Led A	<i>LED Power Supply</i>
16	Led K	<i>LED Power Supply</i>

2.2.7 Modul I2C

I2C LCD adalah modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan protocol I2C/IIC (*Inter Intergrated Circuit*) atau TWI (*Two Wire Interface*). Normalnya , modul LCD dikendalikan secara parallel baik untuk jalur data maupun kontrolnya. Namun, jalur parallel akan memakan banyak pin di sisi kontroler. Setidaknya akan membutuhkan 6 atau 7 pin untuk mengendalikan modul LCD. Dengan demikian untuk sebuah kontroler yang sibuk dan harus mengendalikan banyak I/O , menggunakan jalur parallel adalah solusi yang kurang tepat. Dengan menggunakan modul I2C hanya akan menggunakan 2 kabel saja.

Inter Integrated Circuit atau sering disebut I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didisain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C Bus dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*. *Master* adalah piranti yang memulai transfer data pada I2C *Bus* dengan membentuk sinyal *Start*, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal *Stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamat *master*.

Arduino sendiri sudah mendukung *protocol I2C/IIC*. Pada Arduino Mega 2560, Port I2C terletak pada pin SCL dan SDA atau juga bisa pada pin A4 untuk jalur SDA (*Serial Data*) dan pin A5 untuk jalur SCL(*Serial Clock*). Tidak ada

hardware modul LCD yang memiliki port I2C. dengan demikian perlu tetap menggunakan modul LCD yang biasa.^[8]



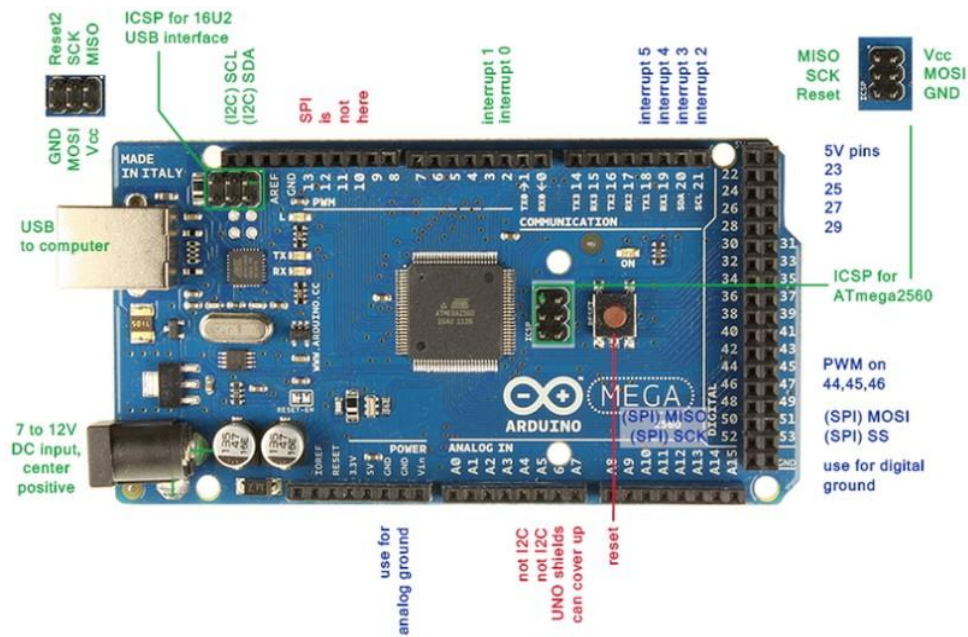
Gambar 2.15

Modul I2C ini menggunakan IC PCF8574 produk dari NXP sebagai kontrolernya. IC ini adalah sebuah *8 bit I/O expander for 12 bus* yang pada dasarnya adalah sebuah *shift register*.

2.2.8 Arduino Mega 2560

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan ATmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah *chip* atau *Integrated Circuit (IC)* yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan ditanamkannya program pada mikrokontroler adalah supaya rangkaian elektronik dapat membaca *input*, kemudian memproses *input* tersebut sehingga menghasilkan *output* yang sesuai dengan keinginan. Jadi mikrokontroler berfungsi sebagai otak yang mengatur *input*, proses, dan *output* sebuah rangkaian elektronik. *Arduino Mega 2560* adalah papan mikrokontroler berbasis *Atmega 2560* yang memiliki 54 pin digital *input/output*, dimana 15 pin diantaranya digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai *input* analog, 4 pin sebagai UART (port *serial hardware*), sebuah osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, *jack* power,

header ICSP, dan tombol *reset*. Gambar 2.16 adalah tampilan board *Arduino Mega 2560*. Dan tabel 2.3 menunjukkan spesifikasi dari *Arduino Mega 2560*.^[9]



Gambar 2.16 Arduino Mega 2560

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Chip mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (yang direkomendasikan, via jack DC)	7V - 12V
Tegangan input (limit, via jack DC)	6V - 20V
Digital I/O pin	54 buah, 6 PWM
Analog Input pin	16 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	8 KB

EEPROM	4 KB
Clock speed	16 Mhz
Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm
Berat	37 g

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi *USB* atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (*non-USB*) dapat berasal dari adaptor *AC-DC* atau baterai. Papan *Arduino Atmega 2560* dapat beroperasi dengan daya eksternal 6 V sampai 20 V. Jika tegangan kurang dari 7 V, maka pin 5 V mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 V dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 V, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 V sampai 12 V. Pin tegangan yang tersedia pada papan *Arduino* adalah sebagai berikut:

1) VIN

Input tegangan untuk papan *Arduino* ketika menggunakan sumber daya eksternal.

2) 5 Volt

Sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-regulator 5 V, dari pin ini tegangan sudah diatur (*ter-regulator*) dari *regulator* yang tersedia (*built-in*) pada papan.

3) 3 V3

Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 V. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (*on-board*). Arus maksimum yang

dihasilkan adalah 50 mA.

4) **GND**

Pin *Ground*.

5) **IOREF**

Pin ini berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada mikrokontroler. Sebuah perisai (*shield*) dikonfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan IOREF dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan penerjemah tegangan (*Vage translator*) pada *output* untuk bekerja pada tegangan 5 V atau 3,3 V.

A. **Memori**

Arduino ATmega2560 memiliki 256 KB *flash memory* untuk menyimpan kode (yang 8 KB digunakan untuk *bootloader*), 8 KB SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM).

B. ***Input dan Output***

Arduino Mega 2560 memiliki 54 digital pin pada *Arduino Mega* dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Beberapa pin memiliki fungsi khusus, antara lain:

1) ***Serial***

Terdiri atas pin 0 (RX) dan 1 (TX), pin *Serial* 19 (RX) dan 18 (TX), pin *Serial*17 (RX) dan 16 (TX), pin *Serial*15 (RX) dan 14 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data *serial* TTL. Pins 0 dan 1 juga terhubung ke pin chip ATmega16U2 *Serial USB-to-TTL*.

2) Eksternal interupsi

Berupa pin 2 (*interrupt 0*), pin 3 (*interrupt 1*), pin 18 (*interrupt 5*), pin 19 (*interrupt 4*), pin 20 (*interrupt 3*), dan pin 21 (*interrupt 2*). Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau berubah nilai.

3) SPI

Terdiri dari pin 50 (MISO), pin 51 (MOSI), pin 52 (SCK), pin 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI. Pin SPI juga terhubung dengan *header ICSP*, yang secara fisik kompatibel dengan *Arduino Uno*, *Arduino Duemilanove* dan *Arduino Diecimila*.

4) LED

Berupa pin 13. Tersedia secara built-in pada papan Arduino ATmega2560. LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin *diset* bernilai *HIGH*, maka LED menyala (*ON*), dan ketika pin *diset* bernilai *LOW*, maka LED padam (*OFF*).

5) TWI

Terdiri atas pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL). Yang mendukung komunikasi TWI menggunakan perpustakaan *Wire*. Perhatikan bahwa pin ini tidak di lokasi yang sama dengan pin TWI pada *Arduino Duemilanove* atau *Arduino Diecimila*.

Arduino Mega2560 memiliki 16 pin sebagai analog *input*, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara default pin ini dapat diukur/diatur dari mulai *Ground* sampai dengan 5 V, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka

menggunakan pin AREF dan fungsi *analogReference*.

Ada beberapa pin lainnya yang tersedia, antara lain:

1) AREF

Merupakan referensi tegangan untuk *input* analog. Digunakan dengan fungsi *analogReference()*.

2) RESET

Merupakan jalur *LOW* ini digunakan untuk *me-reset* (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Jalur ini biasanya digunakan untuk menambahkan tombol *reset* pada *shield* yang menghalangi papan utama *Arduino*.

C. Komunikasi

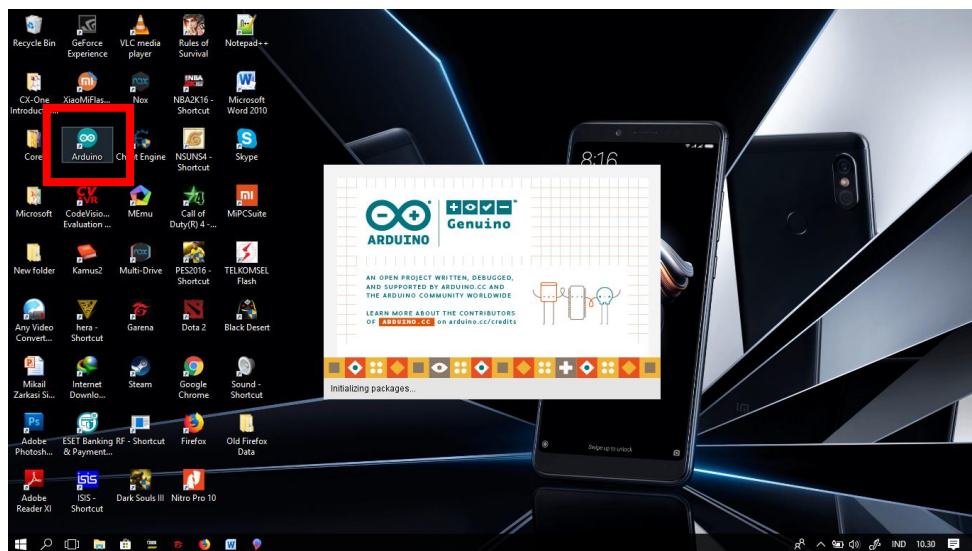
Arduino Mega 2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, *Arduino* lain, bahkan mikrokontroler lain. *ATmega 2560* menyediakan empat UART *hardware* untuk TTL (5V) komunikasi *serial*. Sebuah chip *ATmega16U2* yang terdapat pada papan digunakan sebagai media komunikasi *serial* melalui USB dan muncul sebagai *COM Port Virtual* (pada *Device* komputer) untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak pada komputer. Perangkat lunak *Arduino* termasuk di dalamnya serial monitor memungkinkan data tekstual sederhana dikirim ke dan dari papan *Arduino*. LED RX dan TX (pada pin 13) akan berkedip ketika data sedang dikirim atau diterima melalui chip *USB-to-serial* yang terhubung melalui USB komputer (tetapi tidak berlaku untuk komunikasi serial seperti pada pin 0 dan 1).

2.2.9 Arduino IDE

Arduino Mega dapat diprogram dengan software *Arduino IDE* yang dapat di download pada situs resmi *Arduino.Software* ini juga sebagai sarana memastikan komunikasi *Arduino* dengan komputer berjalan dengan benar. ^[10]

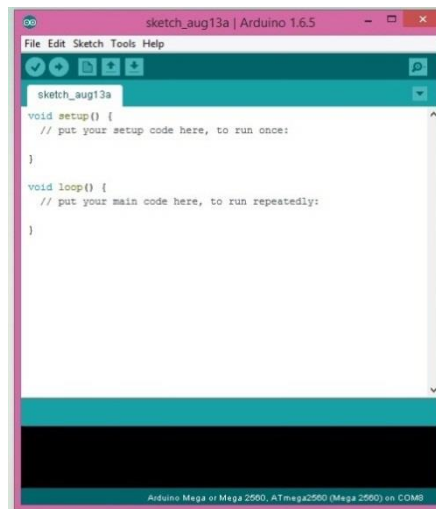
Berikut cara menggunakan *Software Arduino IDE*:

- 1) Jalankan *Arduino IDE* dengan menjalankan aplikasi *Arduino* yang sudah terinstal pada komputer atau laptop seperti yang ditunjukkan Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Tampilan Aplikasi Arduino IDE

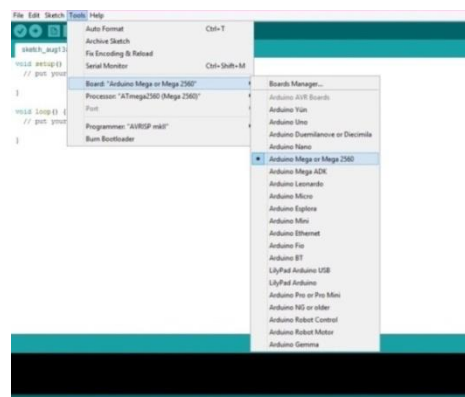
Walaupun tampak seperti program *Windows* pada umumnya, namun sebenarnya program ini adalah sebuah program *Java*. Jika ditemukan sebuah pesan kesalahan, kemungkinan besar pada komputer atau laptop belum terinstal *Java Runtime Environment (JRE)* atau *Java Development Kit (JDK)*. Gambar 2.18 merupakan tampilan utama dari Aplikasi *Arduino IDE*.



Gambar 2.18 Tampilan Utama Aplikasi *Arduino* IDE

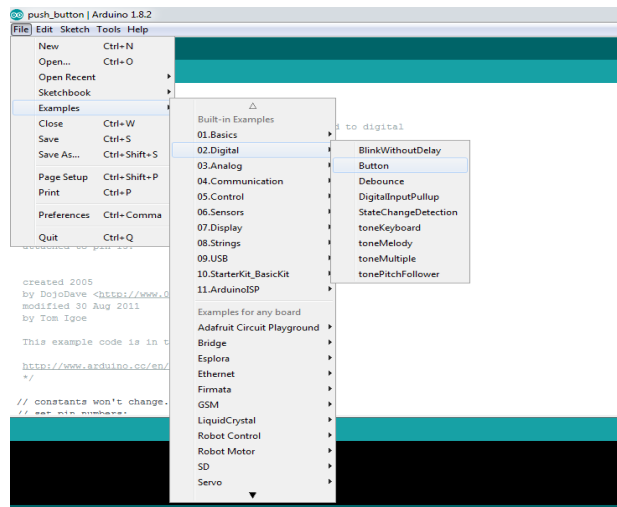
- 2) Pilih menu *Tools* → *Board*.

Karena *Arduino* yang digunakan dalam *project* tugas akhir adalah *Arduino Mega 2560*, maka pilih board yang bernama “*Arduino Mega or Mega 2560*” seperti pada Gambar 2.19.



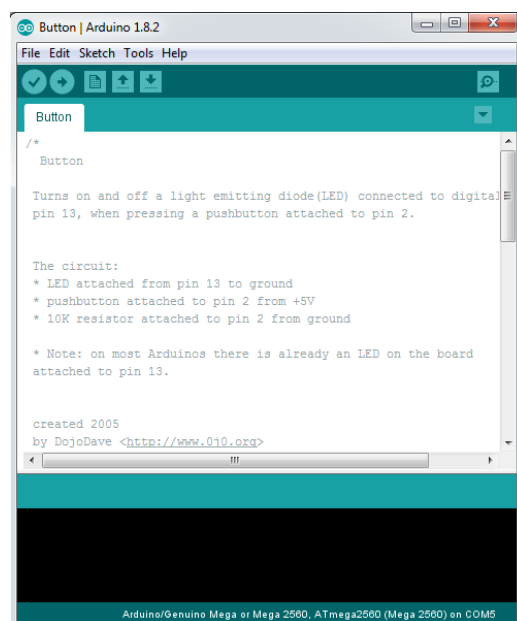
Gambar 2.19 Memilih *Board* yang Digunakan

- 3) Tulis sketch yang dikehendaki atau dapat memilih menu *File* → *Examples* → *Digital* → *Button*, kemudian pilih *library* yang hendak dijalankan seperti pada Gambar 2.20.



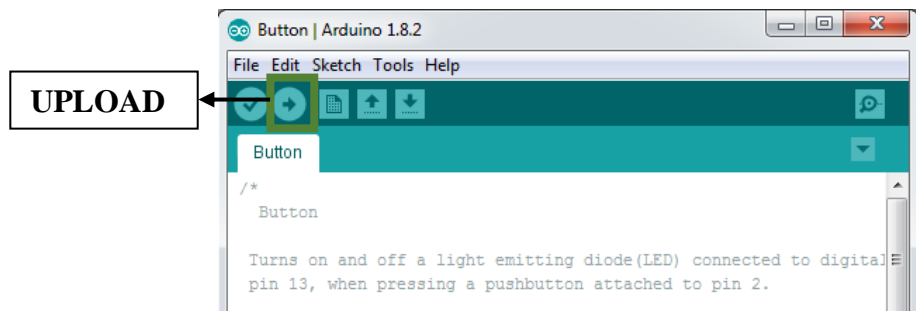
Gambar 2.20 Memilih *Example* yang Digunakan

Sehingga akan tampil sketch yang sudah dipilih seperti Gambar 2.21.



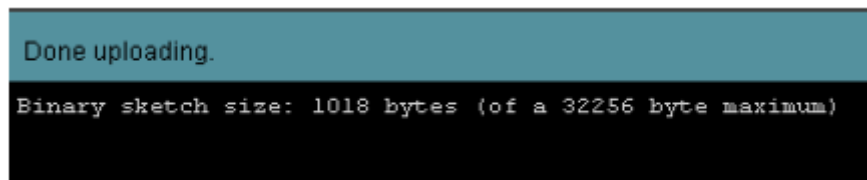
Gambar 2.21 *Sketch Button*

- 4) Klik tombol **Upload** pada *toolbar* untuk mengirim *sketch* atau program tersebut pada *Arduino* seperti pada Gambar 2.22



Gambar 2.22 Tombol *Upload*

Jika program benar dan berhasil di-*upload*, maka akan muncul tampilan seperti pada Gambar 2.23.



Gambar 2.23 Program Berhasil Dikirim

Sebaliknya, jika terjadi kesalahan pada program dan pengiriman data gagal, maka akan muncul tampilan seperti pada gambar 2.24.



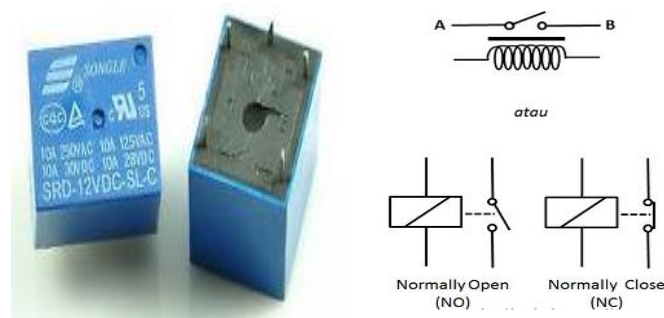
Gambar 2.24 Program Gagal Dikirim

Apabila program gagal dikirim, yang harus dilakukan adalah meneliti kembali program yang ditulis karena kemungkinan ada kesalahan dalam penulisan ataupun proses inisialisasi.

2.2.10 Relay

Relay pengendali elektromekanis (*an electromechanical relay = EMR*) adalah saklar magnetis. *Relay* ini menghubungkan rangkaian beban *on* atau *off* dengan pemberian energi elektromagnetis, yang membuka atau menutup kontak pada rangkaian. *Relay* adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanikal yang terdiri dari 2 bagian utama yaitu elektromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar/*switch*). Bentuk fisik dan simbol *relay* ditunjukkan pada gambar 2.25.^[11]

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.



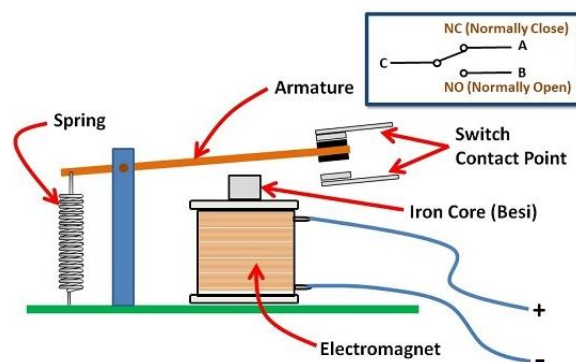
Gambar 2.25 Relay

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

- 1) Electromagnet (*coil*)
- 2) *Armature*

- 3) *Switch contact point* (saklar)
- 4) *Spring*

Berikut ini merupakan gambar bagian-bagian *relay* :

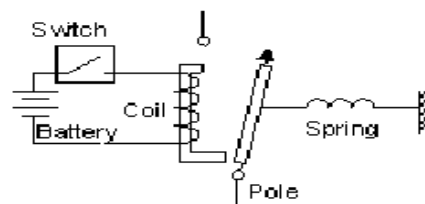


Gambar 2.26 Struktur Relay SPDT

Prinsip kerja relay berdasarkan gambar 2.26, 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. Kontak poin (contact point) relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

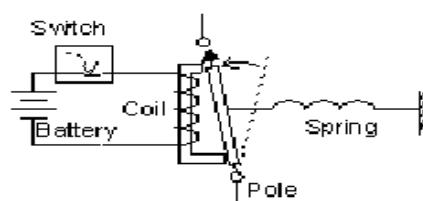
- 1) *Normally close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *close* (tertutup)
- 2) *Normally open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *open* (terbuka).

Kontak *normally open* (NO) akan membuka ketika tidak ada arus yang mengalir pada kumparan, tetapi tertutup secepatnya setelah kumparan menghantarkan arus atau diberi tenaga. *Relay* pada saat kontak *normally open* terlihat pada gambar 2.27.



Gambar 2.27 *Normally Open*

Pada saat kontak *normally close* akan tertutup apabila kumparan tidak diberi daya dan membuka ketika kumparan diberi daya. *Relay* pada saat kontak *normally close* terlihat pada gambar 2.28 Apabila kumparan diberi daya, terjadi medan elektromagnetis. Aksi dari medan pada gilirannya menyebabkan *plunger* bergerak pada kumparan menutup kontak NO dan membuka kontak NC.



Gambar 2.28 *Normally Close*

Beberapa fungsi *relay* yang telah umum diaplikasikan kedalam peralatan elektronika diantaranya adalah:

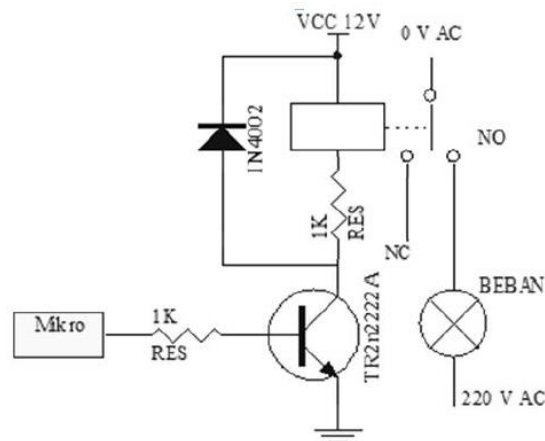
- 1) *Relay* digunakan untuk menjalankan fungsi logika (*logic function*)
- 2) *Relay* digunakan untuk memberikan fungsi penundaan waktu (*time delay function*)

- 3) *Relay* digunakan untuk mengendalikan sirkuit tegangan tinggi dengan bantuan dari signal tegangan rendah
- 4) Ada juga *relay* yang berfungsi untuk melindungi motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan tegangan ataupun hubung singkat (*short*).

2.2.11 Driver Relay

Driver relay adalah rangkaian elektronika yang biasanya digunakan untuk mengendalikan serta pengoperasian sesuatu dari jarak jauh atau semacam *remote*. Tentunya rangkaian ini bisa mempermudah dan juga memperlancar pekerjaan yang memang kadang membutuhkan rangkaian dari *relay* ini. Dengan menggunakan rangkaian *relay* tersebut, anda bisa melakukan kontrol dan juga mengoperasikan perangkat elektronik yang anda miliki dari jarak jauh dan tentu saja anda tidak perlu bergeser serta berpindah tempat duduk. ^[12]

Komponen inti dari *driver relay* adalah transistor. Cara yang termudah untuk menggunakan sebuah transistor adalah sebagai sebuah *switch* artinya bahwa kita mengoperasikan transistor pada salah satu dari saturasi atau titik sumbat, tetapi tidak di tempat-tempat sepanjang garis beban. Jika sebuah transistor berada dalam keadaan saturasi, transistor tersebut seperti sebuah *switch* yang tertutup dari kolektor emiter. Jika transistor tersumbat (*cutoff*), transistor seperti sebuah *switch* yang terbuka.



Gambar 2.29 Rangkaian *Driver Relay*

Gambar 2.29 merupakan gambar rangkaian driver relay dimana rangkaian tersebut merupakan rangkaian *switching* transistor yang digerakkan oleh tegangan *step* yang berasal dari *power supply*. Jika tegangan input (dari mikrokontroler) nol, transistor tersumbat (*cutoff*). Dalam hal ini, transistor kelihatannya seperti sebuah *switch* yang terbuka. Dengan tidak adanya arus yang melalui tahanan kolektor, maka tegangan output sama dengan +12 V.

Jika tegangan input sebesar +5V, maka arus basis adalah :

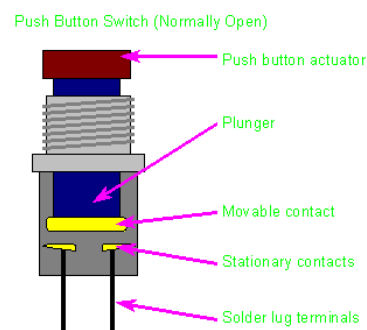
$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

Bayangkan transistor terhubung – singkat antara kolektor dan emiter. Maka idealnya tegangan output jatuh menjadi nol dan arus saturasi adalah;

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{cc}}{R_c}$$

2.2.12 Push Button

Push button switch (saklar tombol tekan) adalah perangkat / saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan *unlock* (tidak mengunci). Sistem kerja *unlock* disini berarti 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. [13]



Gambar 2.30 *Push Button*

Sebagai *device* penghubung atau pemutus, *push button switch* hanya memiliki 2 kondisi, yaitu *On* dan *Off* (1 dan 0). Karena sistem kerjanya yang *unlock* dan langsung berhubungan dengan operator, *push button switch* menjadi *device* paling utama yang biasa digunakan untuk memulai dan mengakhiri kerja mesin di industri. Secanggih apapun sebuah mesin bisa dipastikan sistem kerjanya tidak terlepas dari keberadaan sebuah saklar seperti *push button switch* atau perangkat lain yang sejenis yang bekerja mengatur pengkondisian *On* dan *Off*.

Berdasarkan fungsi kerjanya yang menghubungkan dan memutuskan, push button switch mempunyai 2 tipe kontak yaitu :

- 1) *NO (Normally Open)*, merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya terbuka (aliran arus listrik tidak mengalir). Ketika tombol saklar ditekan, kontak yang *NO* ini akan menjadi menutup (*close*) dan mengalirkan atau menghubungkan arus listrik. Kontak *NO* digunakan sebagai penghubung atau menyalakan sistem *circuit (Push Button ON)*.
- 2) *NC (Normally Close)*, merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya tertutup (mengalirkan arus listrik). Dan ketika tombol saklar push button ditekan, kontak *NC* ini akan menjadi membuka (*open*), sehingga memutuskan aliran arus listrik. Kontak *NC* digunakan sebagai pemutus atau mematikan sistem *circuit (Push Button Off)*.