

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Asap Rokok

2.1.1 Definisi Asap Rokok

Asap rokok mengandung lebih dari 4000 jenis zat organik berupa gas maupun partikel yang berasal dari daun tembakau. Komponen dalam asap rokok dibagi menjadi 2 bentuk yaitu fase gas dan fase tar (fase partikulat). Fase gas merupakan fase dengan berbagai macam gas yang berbahaya diantaranya terdiri dari nitrosopirolidin, vinil klorida, formaldehid, hydrogen sianida, nitrosamine, akrolein, urean, asetaldehida, ammonia piridin, hidrasin, nitrogen oksida, dan karbon monoksida. Sedangkan fase tar merupakan bahan yang terserap dari penyaringan asap rokok menggunakan filter cartridge dengan ukuran pori-pori 0,1 μ m. Fase ini terdiri dari dibensakridin, dibensokarbol, bensopirin, fluoranten, hidrokarbon aromatik, polinuklear, naftalen, nitrosamine yang tidak menguap, nikel, arsen, alkaloid tembakau, dan nikotin. Radikal bebas dari asap fase tar memiliki waktu paruh yang lebih lama (beberapa jam hingga bulan) dibandingkan dengan fase gas yang hanya memiliki waktu paruh beberapa detik. (Widigdo, 2014).

2.1.2 Kandungan Asap Rokok

Komponen asap rokok yang dihisap oleh perokok terdiri dari bagian gas (85%) dan bagian partikel (15%). Rokok mengandung kurang lebih 4.000 jenis bahan kimia, dengan 40 jenis di antaranya bersifat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker), dan setidaknya 200 diantaranya berbahaya bagi kesehatan. Racun utama pada rokok adalah tar, nikotin, dan karbon monoksida (Crofton, 2002). Zat-zat beracun yang terdapat dalam rokok antara lain adalah sebagai berikut:



1. Nikotin

Komponen ini paling banyak dijumpai di dalam rokok. Nikotin merupakan alkaloid yang bersifat stimulan dan pada dosis tinggi bersifat racun. Zat ini hanya ada dalam tembakau, sangat aktif dan mempengaruhi otak atau susunan saraf pusat, menyempitkan pembuluh perifer, dan juga memiliki karakteristik efek adiktif dan psikoaktif (Sitepoe, 2000).

2. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida adalah pembunuh yang tidak tampak, karena keberadaannya tidak dapat dideteksi dengan penglihatan atau bau. Lazimnya orang mengaitkan keracunan karbon monoksida dengan mobil yang beroperasi di daerah tertutup atau pemanas ruangan (*Heater*) yang dirancang kurang baik. Namun demikian setiap hari jutaan manusia menghirup udara yang tercemar dengan karbon monoksida (Arty, 2005:398).

Karbon monoksida merupakan senyawa molekul kembar yang berupa gas, tidak berwarna, tidak berbau, mudah terbakar, dipakai dalam pembuatan berbagai macam senyawa organik dan anorganik. Gas ini juga sangat toksik terhadap manusia. Setelah udara dihirup, karbon monoksida berikatan dengan molekul hemoglobin pada sel darah merah, menggantikan oksigen. Karbon monoksida mengikat hemoglobin dua ratus kali lebih efektif daripada oksigen. Hal ini mencegah butir darah merah membawa oksigen ke jaringan tubuh. Oleh karena itu karbon monoksida merupakan racun yang kerjanya cepat.

Karbon monoksida terbentuk, bila senyawa yang mengandung karbon dibakar dalam udara yang mengandung sedikit oksigen (miskin oksigen). Pada puncak kesibukan jalan-jalan di jalan raya, karbon monoksida diudara dapat mencapai 100 ppm. Di USA mobil baru harus dilengkapi dengan pengubah katalitik, yang merubah karbon monoksida toksik menjadi karbon dioksida yang tidak toksik. Karbon monoksida juga terdapat pada asap rokok. Seseorang setelah menghisap rokok, memerlukan beberapa jam untuk menggantikan karbon monoksida yang terikat pada hemoglobinnya. Pada jam sibuk, udara di jalanan mengandung karbon monoksida yang menyebabkan kepala terasa pening, atau merasa ingin muntah.



3. Tar

Tar adalah senyawa polinuklin hidrokarbon aromatika yang bersifat karsinogenik. Tar dapat merusak sel paru karena dapat lengket dan menempel pada jalan nafas dan paru-paru sehingga mengakibatkan terjadinya kanker. Pada saat rokok dihisap, tar masuk ke dalam rongga mulut sebagai uap padat asap rokok, setelah dingin akan menjadi padat dan membentuk endapan berwarna coklat pada permukaan gigi, saluran pernafasan dan paru-paru. Pengendapan ini bervariasi antara 3-40 mg per batang rokok, sementara kadar tar dalam rokok berkisar 24-45 mg. Pada rokok yang menggunakan filter dapat mengalami penurunan 5-15 mg. Efek karsinogenik tetap bisa masuk dalam paru-paru walaupun rokok diberi filter, yaitu hirupan pada saat merokok dalam, menghisap berkali-kali dan jumlah rokok yang dihisap banyak (Sitepoe, 2000).

4. Timah Hitam (Pb)

Pb yang dihasilkan oleh sebatang rokok sebanyak 0,5 ug. Satu bungkus rokok berisi 20 batang yang habis dihisap dalam satu hari akan menghasilkan 10 ug, sementara ambang batas bahaya timah hitam yang masuk ke dalam tubuh adalah 20 ug per hari (Sitepoe, 2000).

5. Amoniak

Amoniak merupakan gas yang tidak berwarna yang terdiri dari nitrogen dan hidrogen. Zat ini baunya tajam dan sangat merangsang. Racun yang terdapat pada ammonia sangat keras sehingga jika masuk sedikit saja ke dalam peredaran darah maka akan mengakibatkan seseorang dapat pingsan atau koma (Sitepoe, 2000).

6. Hidrogen Sianida (HCN)

Hidrogen sianida merupakan sejenis gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak memiliki rasa. Zat ini merupakan zat yang paling ringan, mudah terbakar dan sangat efisien untuk mengganggu pernapasan dan merusak saluran pernapasan. Sianida adalah salah satu zat yang mengandung racun yang sangat berbahaya. Sianida dalam jumlah kecil yang dimasukkan langsung ke dalam tubuh dapat mengakibatkan kematian (Sitepoe, 2000).



7. Nitrous Oxide

Nitrous oxide merupakan sejenis gas yang tidak berwarna. Nitrous oxide yang terhisap dapat menyebabkan hilangnya keseimbangan dan menyebabkan rasa sakit (Sitepoe, 2000). h. Fenol Fenol adalah campuran dari kristal yang dihasilkan dari distilasi beberapa zat organik seperti kayu dan arang, serta diperoleh dari tar arang. Zat ini beracun dan membahayakan karena terikat ke protein dan menghalangi aktivitas enzim (Sitepoe, 2000).

Nilai ambang batas adalah konsentrasi dan zat, uap, atau gas dalam udara yang dihirup selama 8 jam per hari dan 40 jam selama satu minggu, tanpa menimbulkan gangguan kesehatan yang sangat berarti.

Tabel 2.1 Buku mutu faktor fisika dan faktor kimia di tempat kerja

(Sumber: *PER.13/MEN/X/2011*)

| No. | Parameter | NAB (PPM) |
|-----|------------------|-----------|
| 1. | Karbon dioksida | 5000 |
| 2. | Karbon disulfida | 10 |
| 3. | Karbon monoksida | 25 |
| 4. | Nitrit oksida | 25 |
| 5. | Gasolin | 300 |

Dibawah ini merupakan kadar udara bersih dan udara tercemar yang salah satunya adalah karena asap rokok, yaitu apabila kadar CO telah mencapai 5 – 200 ppm maka udara tersebut telah tercemar.



Tabel 2.2 Udara Bersih dan Udara Tercemar

(Sumber: Widodo dkk, 2017)

| Parameter | Udara Bersih | Udara Tercemar |
|-----------------|-------------------------------|------------------------------|
| Bahan Partikel | 0,01 - 0,02 mg/m ³ | 0,07 – 0,7 mg/m ³ |
| SO ₂ | 0,003 - 0,02 ppm | 0,02 – 2 ppm |
| CO | < 1 ppm | 5 – 200 ppm |
| NO ₂ | 0,003 - 0,02 | 0,002 > ppm |
| CO ₂ | 310 - 330 ppm | 330 > ppm |
| Hidro karbon | < 1 ppm | 1 - 20 ppm |

Di Indonesia ISPU (Indexs Standar Pencemar Udara) diatur berdasarkan Keputusan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) Nomor KEP107/KABAPEDAL/11/1997.

Tabel 2.3 Angka dan Kategori Indexs Standar Pencemar Udara (ISPU) dan Dampak Kesehatan Indeks Kategori Dampak Kesehatan

(Sumber: KEP107/KABAPEDAL/11/1997)

| | | |
|-----------|--------------------|---|
| 1-50 | Baik | Tidak memberikan dampak bagi kesehatan manusia atau hewan. |
| 51-100 | Sedang | Tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang peka. |
| 101-199 | Tidak Sehat | Bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang peka atau dapat menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika. |
| 200-299 | Sangat Tidak Sehat | Kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada jumlah segmen populasi yang terpapar. |
| 300-Lebih | Lebih Berbahaya | Kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi (misalnya iritasi mata, batuk dahak dan lain-lain). |

2.1.3 Bahaya Asap Rokok

Menurut peraturan pemerintah republik Indonesia nomor 81 tahun 1999 pasal 2 tentang pengamanan rokok bagi kesehatan, Merokok merugikan kesehatan baik bagi perokok itu sendiri maupun orang lain di sekitarnya yang tidak merokok (perokok pasif). Perokok mempunyai risiko 2-4 kali lipat untuk terkena penyakit koroner dan risiko lebih tinggi untuk kematian mendadak.

Perlindungan terhadap perokok pasif perlu dilakukan mengingat risiko terkena penyakit kanker bagi perokok pasif 30% (tiga puluh persen) lebih besar dibandingkan dengan perokok itu sendiri. Perokok pasif juga dapat terkena penyakit lainnya seperti jantung iskemik yang disebabkan oleh asap rokok.



Gambar 2.1 Bahaya Asap Rokok Bagi Kesehatan

(Sumber: <https://www.cermati.com/artikel/perokok-pasif-lebih-berbahaya-ini-dampaknya-bagi-kesehatan>)

2.2 Definsi Sensor

Sensor adalah suatu peranti yang ditunjukkan untuk mendeteksi keberadaan suatu kejadian atau perubahan suatu nilai di sekitar lingkungan peranti tersebut dan memberikan tanggapan berupa suatu keluaran-keluaran yang diberikan sensor pada umumnya berupa isyarat listrik. Sebagai sebuah contoh, sensor suhu akan mendeteksi perubahan suhu dan menghasilkan keluaran yang menyatakan suhu dalam derajat Celcius dan dinyatakan dengan besaran tegangan listrik. (Kadir, 2018: 2)



Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik atau kimia. Variabel keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik disebut transduser.

Pada saat ini, sensor telah dibuat dengan ukuran sangat kecil dengan orde nanometer. Ukuran yang sangat kecil ini sangat memudahkan pemakaian dan menghemat energi. (Wijaya, 2015)

2.3 Sensor MQ

Dalam bahasa Cina, 'sensitif' berarti '*Mǐngǎn*' dan 'Gas' artinya '*Qì lái*'. Jadi, kurang lebih MQ adalah kepekaan sensor terhadap gas.

Sensor MQ adalah suatu sensor gas yang namanya berawalan MQ. Sensor MQ ini memiliki beraneka ragam fungsi dan masing-masing ditunjukkan untuk mendeteksi gas tertentu. (Kadir, 2018: 351)



Gambar 2.2 Sensor Asap MQ-135

(Sumber: Widodo dkk, 2017)

**Tabel 2.4** Sensor keluarga MQ

(Sumber: Kadir, 2018:351)

| Jenis Sensor | Keterangan |
|--------------|--|
| MQ-2 | Sensor ini mempunyai kepekaan dalam mendeteksi gas metana, butan, LPG (liquefied petroleum gas), dan asap rokok. |
| MQ-3 | Sensor ini mempunyai kepekaan dalam mendeteksi alkohol, etanol, dan asap rokok. |
| MQ-4 | Sensor ini mempunyai kepekaan dalam mendeteksi gas metana dan CNG (com-pressed natural gas). |
| MQ-6 | Sensor ini mempunyai kepekaan dalam mendeteksi gas LPG dan butan. |
| MQ-7 | Sensor ini mempunyai kepekaan dalam mendeteksi gas karbon monoksida. |
| MQ-8 | Sensor ini mempunyai kepekaan dalam mendeteksi gas hidrogen. |
| MQ-9 | Sensor ini mempunyai kepekaan dalam mendeteksi gas hidrogen dan gas-gas lain yang mudah terbakar. |
| MQ-135 | Sensor ini mempunyai kepekaan dalam mendeteksi gas benzena, alkohol dan asap rokok. |

2.3.1 Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 Sensor ini mempunyai kepekaan dalam mendeteksi gas benzena, alkohol dan asap rokok. (Kadir, 2018: 351).

Tabel 2.5 Konektor dan Pengaturan Jumper

(Sumber: Sitohang, 2018)

| Pin | Nama | Fungsi |
|-----|--------|--|
| 1. | GND | Titik referensi untuk catu daya <i>input</i> |
| 2. | VCC | Terhubung ke catu daya (5V) |
| 3. | RX TTL | <i>Input serial level</i> TTL ke modul sensor |
| 4. | TX | <i>Output serial level</i> TTL ke modul sensor |
| 5. | SDA | 12C-bus data <i>input/output</i> |
| 6. | SCL | 12C-bus <i>clock input</i> |

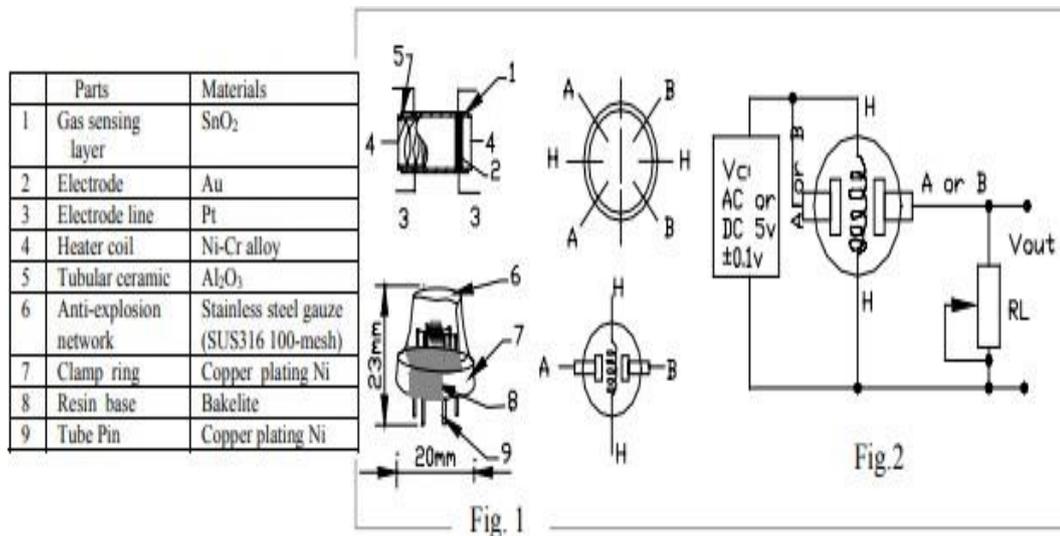


Tabel 2.6 Spesifikasi Sensor MQ 135

(Sumber: *Sitohang*, 2018)

| | |
|-----|---|
| 1. | Sumber catu daya menggunakan tegangan 5V. |
| 2. | Menggunakan ADC dengan resolusi 10 bit. |
| 3. | Tersedia 1 jalur output kendali <i>ON/OFF</i> . |
| 4. | <i>Pin Input/Output kompatibel dengan level tegangan TTL dan CMOS.</i> |
| 5. | Dilengkapi dengan antarmuka UART TTL dan I2C. |
| 6. | Signal instruksi indikator output; |
| 7. | <i>Output Ganda sinyal (output analog, dan output tingkat TTL);</i> |
| 8. | TTL <i>output</i> sinyal yang valid rendah; (<i>output</i> sinyal cahaya rendah, yang dapat diakses mikrokontroler IO <i>port</i>). |
| 9. | <i>Analog Output</i> dengan meningkatnya konsentrasi, semakin tinggi konsentrasi, semakin tinggi tegangan; |
| 10. | Memiliki umur panjang dan stabilitas handal; |
| 11. | Karakteristik pemulihan respon cepat. |

Sensor ini bekerja dengan cara menerima perubahan nilai resistansi (analog) bila terkena gas. Sensor ini memiliki daya tahan yang baik untuk penggunaan penanda bahaya polusi karena praktis dan tidak memakan daya yang besar yaitu SnO₂ dengan konduktifitas rendah pada udara bersih. Jika terdapat asap disekitar sensor maka konduktifitas sensor menjadi lebih tinggi, setiap kenaikan konsentrasi gas maka konduktifitas sensor juga naik (Sugianto, 2014). Struktur dari sensor terdapat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.3 Struktur Sensor MQ-135

(Sumber: Padri, 2019)

Pemanas pada sensor memerlukan tegangan yang konstan (± 5 Volt DC) agar sinyal output sensor dapat terjaga keseimbangannya. Untuk mengetahui tegangan pada beban sensor maka dapat dicari dengan persamaan :

$$V_{RL} = \frac{\text{Nilai ADC} \times V_c}{1023}$$

Dimana,

V_{RL} = Tegangan pada beban sensor (V)

V_c = Tegangan input pada sensor (V)

Untuk mengetahui beban pada sensor saat terjadi kontaminasi dapat dicari dengan persamaan :

$$R_s = \frac{V_c \times R_L}{V_{RL}} - R_L$$

Dimana,

R_s = Beban pada sensor saat terjadi kontaminasi (Ω)

V_c = Tegangan input pada sensor (V)

V_{RL} = Tegangan pada beban sensor (V)

R_L = Tahanan beban pada sensor (Ω)



Sedangkan untuk mengetahui beban pada sensor di udara bersih dapat dicari dengan persamaan :

$$RO = \frac{Vc - VRL \text{ (di udara bebas)}}{VRL} \times RL$$

Dimana,

VRL = Tegangan pada beban sensor di udara bebas (V)

Vc = Tegangan input pada sensor (V)

RL = Tahanan beban pada sensor (Ω)

Untuk menentukan kadar asap dalam part per million (PPM) dapat dicari dengan persamaan :

$$PPM = 100 \times \left(\frac{RS}{RO} \right)^{-1,53}$$

Dimana,

Rs = Beban pada sensor saat terjadi kontaminasi (Ω)

Ro = Beban pada sensor di udara bersih (Ω)

2.3.2 Prinsip Kerja Sensor MQ-135

Pada modul sensor MQ-135 terdapat 2 buah LED indikator yaitu LED indikator merah dan LED indikator hijau. Pada saat *power-up*, LED merah akan berkedip sesuai dengan alamat I2C modul. Jika alamat I2C adalah 0xE0 maka LED indikator akan berkedip 1 kali. Jika alamat I2C adalah 0xE2 maka LED indikator akan berkedip 2 kali. Jika alamat I2C adalah 0xE4 maka LED indikator akan berkedip 3 kali dan demikian seterusnya sampai alamat I2C 0xEE maka LED indikator akan berkedip 8 kali.

Pada saat *power-up*, LED hijau akan berkedip dengan cepat sampai kondisi pemanasan sensor dan hasil pembacaan sensor adalah stabil. Waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi stabil berbeda-beda untuk tiap sensor yang digunakan tergantung pada kecepatan respon sensor dan kondisi *heater* pada sensor. Jika kondisi sensor stabil sudah tercapai, maka LED hijau akan menyala tanpa berkedip. Pada kondisi operasi normal (setelah kondisi *power-up*), LED



merah akan menyala atau padam sesuai dengan hasil pembacaan sensor stabil, LED hijau akan tetap menyala dan hanya berkedip pelan (tiap 1 detik) jika ada perubahan konsentrasi gas.

Modul sensor juga memiliki 1 pin output open collector yang status logikanya akan berubah-ubah, sesuai dengan hasil pembacaan sensor gas dan batas atas serta batas bawah yang telah ditentukan. Pin output ini dapat dihubungkan dengan aktuator (exhaust atau alarm) sehingga modul ini dapat berfungsi sebagai pemonitor konsentrasi gas secara mandiri. Modul ini akan membaca nilai yang telah diatur dan kemudian mengubah status logika pin output kendali on/off sesuai dengan mode operasi yang digunakan (Sitohang, 2018).

Ada 2 mode operasi yang dapat tersedia, yaitu mode operasi *Hysteresis*:

1. Jika nilai sensor hasil konversi ADC lebih kecil dari pada batas bawah, maka pin output akan off (*Transistor Open Collector* berada pada keadaan Cut-off dan LED indikator merah tidak menyala).
2. Jika nilai sensor hasil konversi ADC lebih besar dari pada batas atas, maka pin output akan on (*Transistor Open Collector* berada pada keadaan Saturasi dan LED indikator merah menyala).
3. Jika nilai sensor hasil konversi ADC sama dengan atau berada di antara batas atas dan batas bawah, maka logika pin output tidak berubah (jika sebelumnya off, maka akan tetap off atau jika sebelumnya on akan tetap on).

Pada mode operasi *Window*:

1. Jika nilai sensor hasil konversi ADC lebih kecil dari pada batas bawah, maka pin output akan on (*Transistor Open Collector* berada pada keadaan Saturasi dan LED indikator merah menyala).
2. Jika nilai sensor hasil konversi ADC lebih besar dari pada batas atas, maka pin output akan on (*Transistor Open Collector* berada pada keadaan Saturasi dan LED indikator merah menyala).
3. Jika nilai sensor hasil konversi ADC sama dengan atau berada pada batas atas dan batas bawah, maka logika pin output akan off (*Transistor Open*



Collector berada pada keadaan Cut-off dan LED indikator merah tidak menyala).

Jika sumber nilai batas yang dipilih adalah menggunakan variabel resistor pada modul sensor, maka mode operasi yang bisa berlaku hanya mode operasi Hysterisis. Nilai variabel resistor akan digunakan sebagai nilai batas atas. Sedangkan nilai batas bawah akan selalu bernilai 50 poin di bawah nilai batas atas. Jika sumber nilai batas yang dipilih adalah menggunakan nilai yang tersimpan pada EEPROM modul sensor, maka mode operasi yang batas bawah dan mode operasi dapat diatur melalui antarmuka UART TTL atau I2C dengan menggunakan bahasa pemrograman.

2.4 Arduino Uno

2.4.1 Definisi Arduino Uno

Arduino adalah merupakan sebuah board minimum system mikrokontroler yang bersifat open source. Didalam rangkaian board arduino terdapat mikrokontroler AVR seri ATmega 328 yang merupakan produk dari Atmel.

Arduino uno menggunakan board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328, mempunyai 14 pin digital input dan output (6 diantaranya sebagai output PWM), 6 input analog yang merupakan osilator kristal 16Mhz, koneksi USB, *power jack*, ICSP header, dan tombol reset. (Djuandi, 2011).

Arduinio uno dapat disuplai melalui koneksi USB atau dengan sebuah power suplai eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Suplai eksternal (non-USB) dapat diperoleh dari sebuah adaptor AC ke DC atau battery. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan sebuah center-positive plug yang panjangnya 2,1 mm ke *power jack* dari board. Kabel lead dari sebuah battery dapat dimasukkan dalam header/kepala pin Ground (Gnd) dan pin Vin dari konektor POWER. Memory arduino, ATmega328 mempunyai 32 KB (dengan 0,5 KB dzigunakan untuk bootloader). ATmega 328 juga mempunyai 2 KB SRAM dan 1 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis (RW/read and written) dengan EEPROM library).



Gambar 2.4 Board Arduino Uno

(Sumber: *Maulydia, 2017*)

Adapun Deskripsi dari Arduino Uno R3 dapat ditunjukkan pada tabel berikut :

Table 2.7 Spesifikasi Arduino Uno

(Sumber: *Pragmawati, 2016*)

| | |
|-----------------------------|---------------------------|
| Mikrokontroler | Atmega328 |
| Tegangan Operasi | 5V |
| Tegangan Input (disarankan) | 7- 12V |
| Batas Tegangan Input | 6- 20V |
| Pin Digital I/O | 14 Pin (6 pin output PWM) |
| Pin Analog Input | 6 |
| Arus DC per I/O Pin | 40 mA |
| Arus DC untuk pin 3.3V | 50 mA |
| Flash Memory | 32 KB (Atmega328) |
| SRAM | 2 KB (Atmega328) |
| EEPROM | 1 KB (Atmega328) |
| Clock | 16 MHz |

2.4.2 Memori

ATmega328 memiliki 32 KB flash memori untuk menyimpan kode, juga 2 KB yang digunakan untuk bootloader. ATmega328 memiliki 2 KB untuk SRAM dan 1 KB untuk EEPROM (Hafizha, 2017).



2.4.3 Power

Arduino dapat diberikan *power* melalui koneksi USB atau *power supply*. *Power* nya diselek secara otomatis. *Power supply* dapat menggunakan adaptor DC atau baterai. Adaptor dapat dikoneksikan dengan mencolok *jack* adaptor pada koneksi port input *supply*. *Board* arduino dapat dioperasikan menggunakan *supply* dari luar sebesar 6 - 20 volt. Jika *supply* kurang dari 7V, kadangkala pin 5V akan menyuplai kurang dari 5 volt dan *board* bisa menjadi tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12 V, tegangan di regulator bisa menjadi sangat panas dan menyebabkan kerusakan pada *board*. Rekomendasi tegangan ada pada 7 sampai 12 volt. (Hafizha, 2017).

Penjelasan pada pin *power* adalah sebagai berikut :

1. Vin

Tegangan input ke board arduino ketika menggunakan tegangan dari luar (seperti yang disebutkan 5 volt dari koneksi USB atau tegangan yang diregulasikan). Pengguna dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika tegangan suplai menggunakan *power jack*, aksesnya menggunakan pin ini.

2. 5V

Regulasi *power supply* digunakan untuk *power* mikrokontroler dan komponen lainnya pada board. 5V dapat melalui Vin menggunakan regulator pada board, atau supply oleh USB atau *supply* regulasi 5V lainnya.

3. 3V3

Suplai 3.3 volt didapat oleh FTDI chip yang ada di board. Arus maximumnya adalah 50mA

4. Pin Ground

Berfungsi sebagai jalur ground pada arduino



2.4.4 Input dan Output

Setiap 14 pin digital pada arduino dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Input/output dioperasikan pada 5 volt. Setiap pin dapat menghasilkan atau menerima maximum 40 mA dan memiliki internal pull-up resistor (disconnected oleh default) 20-50K Ohm. (Hafizha, 2017)

Beberapa pin memiliki fungsi sebagai berikut :

1. Serial : 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) TTL data serial. Pin ini terhubung pada pin yang koresponding dari USB ke TTL chip serial.
2. Interrupt eksternal : 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk trigger sebuah interap pada low value, rising atau falling edge, atau perubahan nilai.
3. PWM : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Mendukung 8-bit output PWM dengan fungsi `analogWrite()`
4. SPI : 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mensupport komunikasi SPI, yang mana masih mendukung hardware, yang tidak termasuk pada bahasa arduino.
5. LED : 13. Ini adalah dibuat untuk koneksi LED ke digital pin 13. Ketika pin bernilai HIGH, LED hidup, ketika pin LOW, LED mati.

2.4.5 Komunikasi

Arduino uno memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lain. ATmega328 ini menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Firmware Arduino menggunakan USB driver standar COM, dan tidak ada driver eksternal yang dibutuhkan. Namun, pada Windows, file. Ini diperlukan. Perangkat lunak Arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data sederhana yang akan dikirim ke board Arduino. RX dan TX LED di board akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dan koneksi USB ke computer (Hafizha, 2017).



2.4.6 Software Arduino

Arduino Uno dapat diprogram dengan perangkat lunak Arduino . Pada ATmega328 di Arduino terdapat bootloader yang memungkinkan Anda untuk meng-upload kode baru untuk itu tanpa menggunakan programmer hardware eksternal. IDE Arduino adalah software yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java. IDE Arduino terdiri dari:

1. Editor program, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa Processing.
2. Compiler, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa Processing) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa Processing. Yang bisa dipahami oleh mikrokontroler adalah kode biner. Itulah sebabnya compiler diperlukan dalam hal ini.
3. Uploader, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memory didalam papan Arduino.

Sebuah kode program Arduino umumnya disebut dengan istilah sketch. Kata “sketch” digunakan secara bergantian dengan “kode program” dimana keduanya memiliki arti yang sama (Hafizha, 2017).

2.4.7 Bahasa Pemrograman Arduino

Seperti yang telah dijelaskan diatas program Arduino sendiri menggunakan bahasa C. walaupun banyak sekali terdapat bahasa pemrograman tingkat tinggi (high level language) seperti pascal, basic, cobol, dan lainnya. Walaupun demikian, sebagian besar dari paraprogramer profesional masih tetap memilih bahasa C sebagai bahasa yang lebih unggul, berikut alasan-alasannya:

1. Bahasa C merupakan bahasa yang powerful dan fleksibel yang telah terbukti dapat menyelesaikan program-program besar seperti pembuatan sistem operasi, pengolah gambar (seperti pembuatan game) dan juga pembuatan kompilator bahasa pemrograman baru.
2. Bahasa C merupakan bahasa yang portabel sehingga dapat dijalankan di beberapa sistem operasi yang berbeda. Sebagai contoh program yang kita



tulis dalam sistem operasi windows dapat kita kompilasi didalam sistem operasi linux dengan sedikit ataupun tanpa perubahan sama sekali.

3. Bahasa C merupakan bahasa yang sangat populer dan banyak digunakan oleh programmer berpengalaman sehingga kemungkinan besar library pemrograman telah banyak disediakan oleh pihak luar/lain dan dapat diperoleh dengan mudah.
4. Bahasa C merupakan bahasa yang bersifat modular, yaitu tersusun atas rutin-rutin tertentu yang dinamakan dengan fungsi (function) dan fungsi-fungsi tersebut dapat digunakan kembali untuk pembuatan program-program lainnya tanpa harus menulis ulang implementasinya.
5. Bahasa C merupakan bahasa tingkat menengah (middle level language) sehingga mudah untuk melakukan interface (pembuatan program antar muka) ke perangkat keras.
6. Struktur penulisan program dalam bahasa C harus memiliki fungsi utama, yang bernama main(). Fungsi inilah yang akan dipanggil pertama kali pada saat proses eksekusi program. Artinya apabila kita mempunyai fungsi lain selain fungsi utama, maka fungsi lain tersebut baru akan dipanggil pada saat digunakan.

Oleh karena itu bahasa C merupakan bahasa prosedural yang menerapkan konsep runtutan (program dieksekusi per baris dari atas ke bawah secara berurutan), maka apabila kita menuliskan fungsi-fungsi lain tersebut dibawah fungsi utama, maka kita harus menuliskan bagian prototipe (prototype), hal ini dimaksudkan untuk mengenalkan terlebih dahulu kepada kompiler daftar fungsi yang akan digunakan di dalam program. Namun apabila kita menuliskan fungsifungsi lain tersebut diatas atau sebelum fungsi utama, maka kita tidak perlu lagi untuk menuliskan bagian prototipe diatas. (Djuandi, 2011)

Selain itu juga dalam bahasa C kita akan mengenal file header, biasa ditulis dengan ekstensi h(*.h), adalah file bantuan yang yang digunakan untuk menyimpan daftar-daftar fungsi yang akan digunakan dalam program. Bagi anda yang sebelumnya pernah mempelajari bahasa pascal,



file header ini serupa dengan unit. Dalam bahasa C, file header standar yang untuk proses input/output adalah .

Perlu sekali untuk diperhatikan bahwa apabila kita menggunakan file header yang telah disediakan oleh kompilator, maka kita harus menuliskannya didalam tanda'' (misalnya). Namun apabila menggunakan file header yang kita buat sendiri, maka file tersebut ditulis diantara tanda “ dan ” (misalnya “cobaheader.h”). perbedaan antara keduanya terletak pada saat pencerian file tersebut. Apabila kita menggunakan tanda <>, maka file tersebut dianggap berada pada direktori default yang telah ditentukan oleh kompilator. Sedangkan apabila kita menggunakan tanda “”, maka file header dapat kita dapat tentukan sendiri lokasinya.

File header yang akan kita gunakan harus kita daftarkan dengan menggunakan directive #include. Directive #include ini berfungsi untuk memberi tahu kepada kompilator bahwa program yang kita buat akan menggunakan filefile yang didaftarkan. Berikut ini contoh penggunaan directive #include.

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include"myheader.h"
```

Setiap kita akan menggunakan fungsi tertentu yang disimpan dalam sebuah file header, maka kita juga harus mendaftarkan file headernya dengan menggunakan directive #include. Sebagai contoh, kita akan menggunakan fungsi getch() dalam program, maka kita harus mendaftarkan file header (Hafizha, 2017).

2.5 Real Time Clock (RTC)

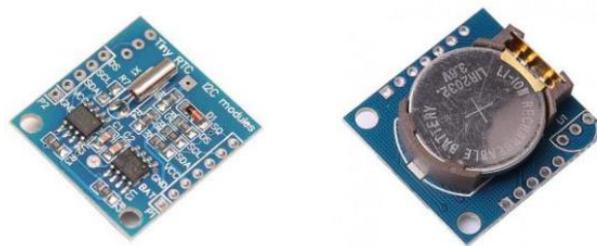
Real Time Clock (RTC) merupakan IC yang dibuat oleh perusahaan *Dallas* Semikonduktor. IC ini memiliki Kristal yang dapat mempertahankan frekuensinya dengan baik.*Real Time Clock* (RTC) merupakan suatu *chip* (IC) yang memiliki fungsi sebagai penyimpan waktu dan tanggal (Singarimbun, 2015).



2.5.1 RTC (*Real Time Clock*) DS1307

Real Time Clock (RTC) DS1307 adalah IC yang dibuat oleh perusahaan Dallas Semiconductor. RTC (*Real Time Clock*) DS1307 bekerja dengan daya rendah (*low power*), memiliki kalender/jam BCD dan SRAM yang nonvolatile dengan kapasitas 56 bytes. Alamat dan data dikirim melalui 2 kabel dwi-arah. Jam dan kalender pada DS1307 menyediakan informasi detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun. Banyak hari dalam satu bulan diatur secara otomatis oleh IC ini baik untuk 31 hari maupun kurang. Jam bekerja dalam format 24 jam atau 12 jam dengan indikator AM/PM. DS1307 dapat mendeteksi secara otomatis catu dayanya, jika catu daya ke sistem mati, maka secara otomatis DS1307 akan mengambil catu daya dari baterai (jika dipasang). DS1307 memiliki akurasi (kadaluarsa) hingga tahun 2100.

Pada sistem komputer chip RTC sering dijumpai pada motherboard PC (biasanya terletak dekat chip BIOS). Semua komputer menggunakan RTC karena berfungsi menyimpan informasi waktu terkini dari komputer yang bersangkutan. RTC dilengkapi dengan baterai sebagai pensuplai daya pada chip, sehingga jam akan tetap up-to-date walaupun komputer dimatikan. RTC dinilai cukup akurat sebagai pewaktu (timer) karena menggunakan osilator kristal. Ada beberapa jenis RTC, yaitu : DS1307, DS1302, DS12C887, DS3234 (Arifin dkk, 2018).



Gambar 2.5 RTC DS1307

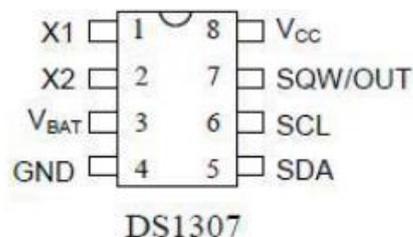
(Sumber: *Abdullah, 2018*)



2.5.2 Konfigurasi pin RTC DS1307

Adapun konfigurasi dari setiap pin pada RTC DS1307 adalah:

1. VCC, GND : Tegangan DC disediakan pada pin ini. Vcc bernilai 5 volt. Jika diberikan tegangan 5 volt, IC dapat diakses secara penuh baik untuk menulis maupun membaca data. Ketika baterai disambungkan pada IC dan nilai Vcc dibawah 1.25 Vbat. Proses penulisan dan pembacaan data tidak dapat dilakukan, namun proses pencacahan waktu tetap berjalan dan tidak terpengaruh oleh peenurunan Vcc, karena IC akan mengambil sumber tegangan dari Vbat.
2. Vbat : Digunakan sebagai masukan baterai lithium 3 volt atau sumber energy yang lain. Tegangan baterai harus berkisar antara 2 volt sampai 3.5 volt. Baterai lithium 48 mA atau lebih besar dapat digunakan lebih dari 10 tahun pada suhu 25°C.
3. SCL (Serial Clock Input) : SCL digunakan untuk sinkronisasi perpindahan data pada antarmuka serial.
4. SDA (Serial Data Input/Output) : SDA berfungsi sebagai pin masukan dan keluaran pada antarmuka serial 2 kabel. Pin SDA dan SCL membutuhkan resistor pull-up sekitar 4K7ohm.
5. SQW/OUT (Square Wave/Output Driver) : Jika diaktifkan, SQWE bit harus diset ke 1. SQWE akan mengeluarkan gelombang kotak dengan pilihan frekuensi (1Hz, 4kHz, 8kHz, 32kHz). Pin SQW/OUT membutuhkan resistor pull-up eksternal. SQW/OUT dapat bekerja baik dengan sumber tegangan Vcc maupun dengan kristal 32,768kHz.



Gambar 2.6 Konfigurasi pin RTC DS1307

(Sumber: Arifin dkk, 2018)



2.6 Step down LM 2596

Step down LM 2596 ini berfungsi untuk menurunkan *power* DC ke voltase lebih rendah. Alat tersebut dinamai dan step down DC. Fungsinya merubah voltase DC ke DC, bisa diatur untuk output lebih kecil atau lebih besar.

Kendala menurunkan voltase, untuk menurunkan tegangan DC dengan selisih tidak berbeda jauh bisa menggunakan komponen sederhana. Umumnya digunakan komponen elektronik seperti tahanan atau resistor. Tapi resistor hanya menurunkan tegangan voltase dengan input fix atau tetap. Misalnya menurunkan 5VDC ke 3VDC. Menggunakan potensio/resistor untuk menurunkan tegangan lebih mudah dan murah untuk dibuat, hanya saja dipengaruhi tegangan input DC ke output DC. Bila sumber input voltase DC turun, maka output dari tahanan ikut turun. Kecuali sumber DV input adalah tetap, seperti dari adaptor DC (Umayu, 2019).

Kendala kedua untuk menurunkan tegangan dengan tahanan seperti resistor atau potensi belum tentu bisa menurunkan current besar (Ampere besar seperti 0,5Amp atau 1Amp). Seperti dalam 1.000mAh secara perlahan resistor menjadi panas, dan akan merusak tahanan / potensi, kecuali menggunakan tipe komponen resistor khusus yang mampu dilewati beban amper tinggi.

Setelah menghitung ukuran tahanan resistor untuk menurunkan voltase, sudah di dapat kira kira 11k Ohm. Tapi di toko elektronik belum tentu ada ukuran resistor tersebut, pasti penjual menawarkan ukuran sedikit diatas atau dibawa. Akhirnya bukan mendapatkan resistor dengan ukuran yang tepat, malah membuang waktu dan biaya. Setelah dipasang ternyata resistor tidak lama rusak karena arus yang melewati resistor terlalu besar. Menurunkan tegangan dengan resistor memang murah tapi tidak memecahkan masalah. Resistor untuk produk sederhana masih dapat diterima untuk menahan tegangan besar. Misal memasang lampu LED perlu ditahan dengan sebuah resistor, agar lampu LED tidak rusak. LM2596 memiliki 4 pin, 2 dikiri dan 2 di kanan untuk arus masuk dan keluar.

1. 2 input DC (+ dan -)
2. 2 output DC (+ dan -)



Pada LM2596 dilengkapi satu potensi yang mengatur output yang dibutuhkan untuk menurunkan voltase tegangan lebih rendah dari sumber *power* DC. Keunikan LM2596 ini memiliki output stabil sesuai kebutuhan.

Ketika menggunakan alat ini, perlu diatur arus voltase yang keluar dari potensio di board, maka sirkuit tersebut akan memberikan output tetap. Walau nantinya input DC yang diberikan berbeda beda tegangan sesuai batas yang ditentukan. Berapa pun input yang dimasukkan, asalkan pada output DC sudah diukur maka output DC dari PCB akan mengeluarkan arus voltase DC yang sama.

Spesifikasi LM2596 :

1. Input 4-35V DC
2. Output 1.23V-30V DC
3. Current Output 2A
4. Efisiensi 92%
5. Chip Gen LM2596

Beberapa contoh penggunaan LM2596 pada alat elektronik :

1. Kipas pendingin computer agar tidak terlalu berisik dapat diturunkan voltase sampai 9-10V DC dari sumber input 12VDC
2. Adaptor 12V DC dapat diturunkan menjadi 9V. Misalnya dimanfaatkan untuk *power* modem yang membutuhkan *power* 9V DC sementara hanya tersedia adaptor 12V.
3. Adaptor biasa dapat 9V diturunkan ke 5V, misalnya untuk mengisi smartphone atau *powerbank*.
4. Atau menurunkan power DC 5V ke 3,7V DC seperti *power* baterai lithium dan kebutuhan bagi power tegangan lampu LED sekitar 3.0V sampai 3,7V DC
5. Menyalakan lampu LED 9V dari sumber *powerbank* 5V
6. Bahkan untuk menggantikan power baterai alat elektronik seperti mobil mobilan, alat cukur dan lainnya.



Gambar 2.7 Step Down LM 2596

(Sumber: Umayu, 2019)

2.7 Modul *Global System Mobile (GSM) SIM8001 V.2*

SIM800L v2 merupakan suatu modul GSM yang memiliki kemampuan untuk mengirim pesan, membuat panggilan atau transfer data melalui GPRS. Pada penelitian ini diunakan GPRS untuk pengiriman data ke server database. *AT-Command* yang digunakan pada SIM800L mirip dengan *AT-Command* untuk modul-modul GSM lain. *AT-Command* merupakan standar *command* yang digunakan oleh komputer untuk berkomunikasi antar modul atau perangkat elektronik lainnya. AT berasal dari kata “Attention”. Dengan menggunakan *AT-command*, dapat diperoleh informasi mengenai modem, melakukan pengaturan pada modem, mengirim SMS dan meneima SMS (untuk GSM modem), dan sebagainya. Modul SIM800L v2 VCC dan TTL level serialnya sudah 5V sehingga bisa langsung terhubung ke arduino tanpa perlu penambahan regulator 5V. (Pangestu dkk, 2018).

Berikut ini merupakan spesifikasi modul GSM SIM8001 V.2

- a. Chip utama yang digunakan : SIM800L
- b. Power Supply : 5Vdc
- c. Frekuensi kerja pada QuadBand 850 / 900 / 1800 / 1900Mhz
- d. Transmitting power
- e. Class 1 (1W) pada konektivitas 1800 dan 1900 dan Class 4 (2W) pada 850 dan 900
- f. Multi-slot class 12 default GPRS



g. Range suhu operasi normal pada : 40° – 85° C

h. Ukuran breakboard Module : 4 cm x 2.8 cm

Keterangan pin interface modul GSM SIM8001 V.2:

- a. 5V : Power Supply Vdc
- b. GND : Ground
- c. VDD : pin referensi tegangan 5 Vdc
- d. SIM_TXD : Serial Transceiver / TX (pengirim)
- e. SIM_RXD : Serial Receiver / RX (penerima)
- f. GND = Ground
- g. RST = RESET / reboot module (aktif LOW)



Gambar 2.8 Modul GSM SIM8001 V.2

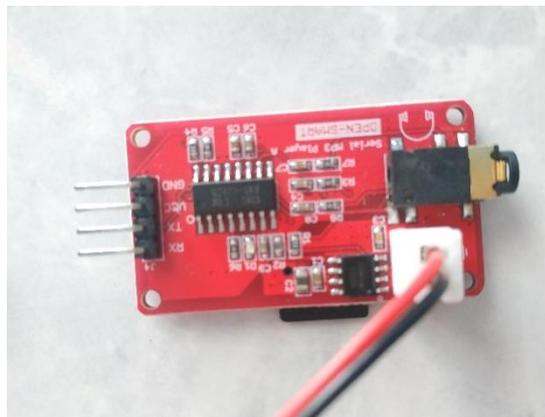
(Sumber: Pangestu dkk, 2018)

2.8 Modul UART MP3 Player

Modul UART MP3 Player adalah perangkat MP3 player sederhana yang berbasis pada chip audio MP3 berkualitas tinggi yang menggunakan IC YX5300. Hal ini dapat mendukung pemutaran audio pada frekuensi 8kHz ~ 48kHz dengan format file yaitu MP3 dan WAV. Terdapat soket micro SD Card, sebagai tempat penyimpanan file audio yang akan diputar pada module ini. Pada mikrokontroler dapat mengendalikan status pemutaran MP3 dengan mengirimkan perintah ke module melalui port UART seperti perintah next song, mengubah volume, mode putar dan pause dan lain sebagainya. (Faudin, 2018).

Fitur – fitur yang dimiliki antara lain :

- a. Mendukung frekuensi sampling (kHz): 8 / 11.025 / 12/16 / 22.05 / 24/32 / 44.1 / 48
- b. Mendukung format file MP3 / WAV
- c. Mendukung Micro SD card, Micro SDHC Card
- d. Level volume yaitu maksimal 30 yang disesuaikan
- e. UART TTL mode pemutaran kontrol serial, baud rate adalah 9600bps
- f. Power supply bisa 3.2 ~ 5.2Vdc
- g. Control logic interface can be 3.3V/5V TTL
- h. Compatible with Arduino UNO/Leonardo/ Mega2560/ DUE



Gambar 2.9 Modul UART MP3 Player

(Sumber: *Data Pribadi*)

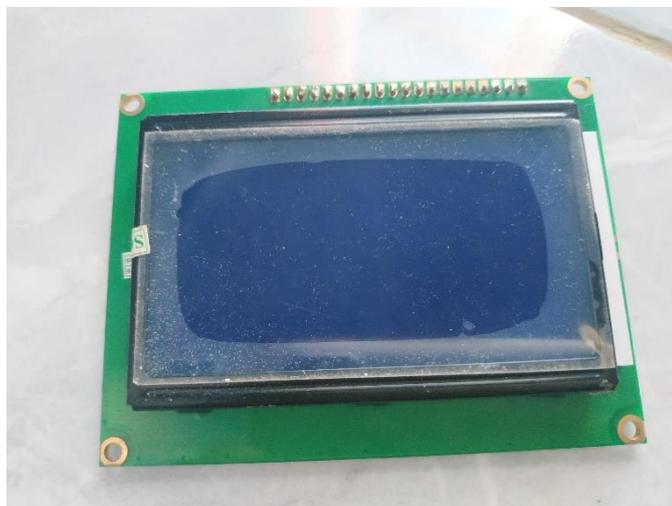
2.9 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Liquid Crystal Display (LCD) LCD adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD (liquid crystal display) bisa memunculkan gambar atau dikarenakan terdapat banyak sekali titik cahaya (piksel) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai titik cahaya. Walau disebut sebagai titik cahaya, namun Kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri. Sumber cahaya di dalam sebuah perangkat LCD (liquid crystal display) adalah lampu neon berwarna putih di bagian belakang susunan kristal cair tadi. Titik cahaya yang jumlahnya puluhan ribu bahkan jutaan inilah yang membentuk tampilan citra. Kutub kristal cair yang dilewati arus listrik akan berubah karena



pengaruh polarisasi medan magnetic yang timbul dan oleh karenanya akan hanya membiarkan beberapa warna diteruskan sedangkan warna lainnya tersaring. (Setiawan, 2011: 24)

Jenis LCD karakter yang beredar di pasaran biasa dituliskan dengan bilangan matriks dari jumlah karakter yang dapat dituliskan pada LCD tersebut, yaitu jumlah kolom karakter dikali jumlah baris karakter. Sebagai contoh, LCD 128 x 64, artinya terdapat 128 kolom dalam 64 baris ruang karakter, yang berarti total karakter yang dapat dituliskan adalah 8.192 karakter.



Gambar 2.10 LCD 128 x 64

(Sumber: *Data Pribadi*)

Tabel 2.8 Spesifikasi *Liquid Crystal Display* (LCD) 128 x 64

(Sumber: *Malvern*, 2019)

| INTERFACE PIN FUNCTION | | |
|------------------------|-----------------|--|
| PIN NO. | SYMBOL | FUNCTION |
| 1 | V _{SS} | Ground |
| 2 | V _{DD} | Power supply (+ 5 V) |
| 3 | V ₀ | Contrast adjustment |
| 4 | D/I | Data/instruction |
| 5 | R/W | Data read/write |
| 6 | E | H → L enable signal |
| 7 | DB0 | Data bus line |
| 8 | DB1 | Data bus line |
| 9 | DB2 | Data bus line |
| 10 | DB3 | Data bus line |
| 11 | DB4 | Data bus line |
| 12 | DB5 | Data bus line |
| 13 | DB6 | Data bus line |
| 14 | DB7 | Data bus line |
| 15 | CS1 | Chip select for IC1 |
| 16 | CS2 | Chip select for IC1 |
| 17 | RST | Reset |
| 18 | V _{EE} | Negative voltage output |
| 19 | A | Power supply for LED (+ 4.2 V), R _A = 0 Ω |
| 20 | K | Power supply for LED (0 V) |

2.10 Speaker

Speaker adalah perangkat elektronika yang terbuat dari logam dan memiliki membran, kumparan, serta magnet sebagai bagian yang saling melengkapi. Tanpa adanya membran, sebuah speaker tidak akan mengeluarkan bunyi, demikian juga sebaliknya. Fungsi tiap bagian pada speaker saling terkait satu sama lain. (Suyanto dalam Sari, 2016)

Speaker adalah transduser yang mengubah sinyal elektrik ke frekuensi audio (suara) dengan cara menggetarkan komponennya yang berbentuk selaput. (Purnamasari dalam Sari, 2016).

Menurut Faiz pada laporan akhirnya yang mengutip dari Waluyati dan dikutip ulang Sari (2016) *Eslektroacoustical* yang mengubah sinyal listrik ke suara. Istilah loudspeaker dapat dijadikan acuan sebagai transduser individual



(diketahui sebagai pengarah) atau sistem lengkap yang terdiri dari suatu enclosure yang melengkapi satu atau lebih pengarah dan komponen filter listrik. *Loudspeaker* sama halnya dengan transduser *electroacoustical*, merupakan elemen variabel; dalam sistem audio dan paling bertanggung jawab membedakan suara yang dapat didengar antar *sound system*. Speaker adalah mesin pengubah terakhir atau kebalikan dari mikropon. Speaker membawa sinyal elektrik dan mengubahnya kembali menjadi vibrasi-vibrasi fisik untuk menghasilkan gelombang-gelombang suara. Bila bekerja, speaker menghasilkan getaran-getaran yang sama dengan mikropon yang direkam secara orisinil dan diubah ke sebuah pita, CD, LP, dan sebagainya.



Gambar 2.11 Speaker

(Sumber: *Data Pribadi*)